

# Samenhang in de Delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta:

## Ecologische onderbouwing (deel 1)

Tom Ysebaert, Marijn Tangelder, Jeroen Wijsman  
en Karin Troost

Rapportnummer: C073/13



# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Marijke Vonk  
Planbureau voor de Leefomgeving  
Locatie Bilthoven  
A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3720 AH Bilthoven

Publicatiedatum:

April 2013

**IMARES** is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68  
1970 AB IJmuiden  
Phone: +31 (0)317 480900  
Fax: +31 (0)317 48 73 26  
E-Mail: imares@wur.nl  
www.imares.wur.nl

P.O. Box 77  
4400 AB Yerseke  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)317 48 73 59  
E-Mail: imares@wur.nl  
www.imares.wur.nl

P.O. Box 57  
1780 AB Den Helder  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)223 63 06 87  
E-Mail: imares@wur.nl  
www.imares.wur.nl

P.O. Box 167  
1790 AD Den Burg Texel  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)317 48 73 62  
E-Mail: imares@wur.nl  
www.imares.wur.nl

© 2013 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.  
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U  
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V13

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Doelstelling van deze studie.....	6
1.3 Werkwijze.....	6
1.4 Afbakening.....	7
1.5 Leeswijzer.....	7
2 Gebiedsbeschrijving Zuidwestelijke Delta.....	8
3 Indeling in systeemtypen en habitattypen.....	12
3.1 Algemene kenmerken getijde systeemtype.....	13
3.1.1 Waterbeweging en morfologie.....	13
3.1.2 Zoet-zout gradiënt.....	14
3.1.3 Sedimenthuishouding.....	14
3.1.4 Waterkwaliteit (fysico-chemische parameters).....	15
3.1.5 Ecologische betekenis.....	16
3.2 Algemene kenmerken stagnante systeemtype.....	18
3.2.1 Waterbeweging.....	18
3.2.2 Zoutgehalte.....	19
3.2.3 Waterkwaliteit.....	19
3.2.4 Ecologie.....	20
4 Karakterisering habitattypen.....	21
4.1 Habitats getijdewateren.....	21
4.1.1 Schorren.....	21
4.1.1.1 Beschrijving en definitie.....	21
4.1.1.2 Abiotische randvoorwaarden.....	22
4.1.1.3 Vegetatietypen en successiestadia, kenmerkende soorten.....	23
4.1.2 Slikken en platen.....	25
4.1.2.1 Beschrijving en definitie.....	25
4.1.2.2 Abiotische randvoorwaarden.....	25
4.1.2.3 Leefgemeenschappen.....	26
4.1.3 Ondiep getijdenwater.....	28
4.1.3.1 Beschrijving en definitie.....	28
4.1.3.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen.....	28
4.1.4 Diep getijdenwater.....	30
4.1.4.1 Beschrijving en definitie.....	30
4.1.4.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen.....	30
4.2 Habitats stagnante wateren.....	31
4.2.1 Oeverzone en ondiep/matig diep stagnant water.....	31
4.2.1.1 Beschrijving en definitie.....	31
4.2.1.2 Abiotische randvoorwaarden.....	32
4.2.2 Diep/zeer diep stagnant water.....	35
4.2.2.1 Beschrijving en definitie.....	35
4.2.2.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen.....	35

5	Abiotische randvoorwaarden voor een ecologische karakterisering van de inrichtingsvarianten.....	36
5.1	Zoutgehalte .....	36
5.2	Waterdiepte .....	36
5.3	Droogvalduur .....	36
5.4	Hydrodynamiek .....	37
5.5	Morfodynamiek.....	37
5.6	Sedimentsamenstelling .....	38
5.7	Waterkwaliteit .....	38
5.8	Doorzicht.....	38
5.9	Helling en ruwheid .....	38
5.10	Overig.....	38
5.11	Abiotische randvoorwaarden voor een ecologische karakterisering van de inrichtingsvarianten.....	39
6	Samenvatting en vervolg .....	41
6.1	Ecologische onderbouwing van de varianten .....	41
6.2	Vervolg: invullen van de varianten .....	42
7	Dankwoord .....	42
8	Kwaliteitsborging .....	43
	Referenties .....	44
	Verantwoording .....	46

## Samenvatting

Een veilige, veerkrachtige en vitale Zuidwestelijke Delta (ZW Delta). Dat is wat de provincies, waterschappen en ministeries, verenigd in de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, als ideaal voor ogen staat. Om dit te kunnen bereiken, zijn belangrijke keuzes nodig over de toekomstige inrichting van het gebied. Deze keuzes, waarbij afstemming tussen Rijk en regio van groot belang is, kunnen grote gevolgen hebben voor het gebruik en natuurwaarden in het gebied. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) voert daarom een studie uit naar "Samenhang in de delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta". Het doel van deze studie is het opstellen van een gedeeld beeld van mogelijke ontwikkelingsrichtingen voor de ZW Delta. Dit perspectief moet toelaten om op de verschillende schaalniveaus tot effectieve investeringsbeslissingen te komen. Het beeld wordt vormgegeven aan de hand van een aantal ontwikkelingsvarianten die bestaan uit een pakket met inrichtingsopties. De varianten "Zoute Delta" (volledig open zeearmen) en "Zoete Delta" (afgedamde, zoete bekkens) geven daarbij een vergezicht voor de lange termijn. De ontwikkelingsvarianten adresseren in samenhang opgaven voor economische ontwikkeling, bescherming tegen overstromingen, zoetwatervoorziening en ecologische ontwikkeling binnen het ZW Delta.

Voorliggende deelrapportage, in opdracht van PBL uitgevoerd door IMARES, maakt onderdeel uit van de overkoepelende PBL-studie. Deze rapportage levert de ecologische onderbouwing die nodig is om invulling te geven aan de ontwikkelingsvarianten (deel 1). De ecologische onderbouwing dient als basis om in een volgende stap het voorkomen van habitats en levensgemeenschappen in de varianten te voorspellen, te beschrijven en te waarderen (deel 2). Deel 2 is onderdeel van het vervolgonderzoek.

Zowel fysisch-chemische ontwikkeling (b.v. zoutgehalte, nutriënten, waterdynamiek) als ecologische ontwikkeling (ontstaan van habitats en levensgemeenschappen, biodiversiteit) zal in elke ontwikkelingsvariant anders zijn en tevens bepalend voor de economische potentie van het gebied. De ontwikkelingsvarianten zullen ten opzichte van de huidige situatie resulteren in het ontstaan van andere systeemtypen en habitattypen in de bekkens van de ZW Delta. Om de ecologische onderbouwing voor de varianten te leveren, is de volgende structuur ontworpen: 1. Systeemtypen, 2. Habitattypen, 3. Abiotische stuurvariabelen (bestaande uit abiotische randvoorwaarden en variatie), en 4. Kenmerkende soorten die bij het habitatype horen. Voor de systeemtypen is gekozen voor een indeling in getijdesystemen (estuaria) en stagnante systemen. Beide systeemtypen kunnen verder opgesplitst worden in zes subsysteemtypen op basis van het zoutgehalte in zoet, brak en zout. Belangrijke aspecten van deze systeemtypen zijn abiotische factoren zoals waterbeweging, morfologie, zoutgehalte, sediment- en nutriëntenhuishouding en biotische factoren zoals soorten en levensgemeenschappen. Voor alle zes subsysteemtypen zijn weer verschillende habitattypen gedefinieerd. Omdat abiotische kenmerken en processen in belangrijke mate het voorkomen, de biodiversiteit en het ecologisch functioneren, en daarmee de ecologische kwaliteit, van de onderscheiden typen in de verschillende bekkens zullen bepalen, zijn voor ieder habitatype abiotische stuurvariabelen gedefinieerd. De abiotische randvoorwaarden bepalen welke habitattypen waar kunnen voorkomen. Ten slotte is er per habitatype een lijst met kenmerkende soorten opgesteld. De richtlijnen voor abiotische variatie samen met de kenmerkende soorten bepalen de potentie/kwaliteit van een habitat. Op basis van deze systeem- en habitatanalyse is een beoordelingskader opgezet met een set van parameters die nodig is voor de ecologische beoordeling van de ontwikkelingsvarianten. In een vervolgonderzoek wordt dit kader ruimtelijk toegepast voor de verschillende varianten. Dit levert habitatkaarten die de ecologische situatie in areaal per habitat weergeven. Vervolgens worden deze kaarten geëvalueerd op basis van ecologisch functioneren en kwaliteit. Samen met een weging naar uniciteit, zeldzaamheid en internationaal belang van de verschillende habitats kan deze analyse helpen bij de afweging van ecologische opgaven in samenhang met andere opgaven als waterveiligheid, economie en zoet watervoorziening.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Een veilige, veerkrachtige en vitale Zuidwestelijke Delta (ZW Delta). Dat is wat de provincies, waterschappen en ministeries, verenigd in de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, als ideaal voor ogen staat ([www.zwdelta.nl](http://www.zwdelta.nl)). De wensen en ambities van de regio zijn niet los te zien van nationale strategieën en besluiten. Veel van het ruimtelijk beleid is gedecentraliseerd, maar op rijksniveau wordt onderkend dat er voor dit gebied een grote afstemmingsopgave ligt. Bij het Rijk liggen immers op korte termijn zeer forse investeringsbeslissingen voor en de betekenis van het gebied overstijgt tevens de landsgrenzen. Een dynamische delta kan verder bijdragen aan het wereldwijde profiel van Nederland als vernieuwend en creatief deltaland. Het is daarom zaak om rijkskeuzes in samenhang te zien met wat de provincies en gemeenten met het gebied voor ogen hebben.

Om op de verschillende schaalniveaus tot effectieve investeringsbeslissingen te kunnen komen is een gedeeld beeld van het ontwikkelingsperspectief voor de Rijn-Schelde Delta op langere termijn van belang. Niet als blauwdruk, maar als baken voor de richting en afstemming van beslissingen, niet alleen op rijks- provinciaal-, gemeentelijk en waterschapsniveau, maar ook in de private sector. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) voert daarom een studie uit naar "Samenhang in de delta, ontwikkelingsvarianten voor de Zuidwestelijke Delta". Het doel van deze studie is het opstellen van een gedeeld beeld van het ontwikkelingsperspectief voor de Rijn-Schelde Delta op lange termijn. Dit perspectief moet toelaten om op verschillende schaalniveaus tot effectieve investeringsbeslissingen te komen. Van belang is om hierbij inzichtelijk te maken waar synergiën te behalen zijn, wat een effectieve volgorde van investeringen is en waar risico's op desinvesteringen liggen. Dit gebeurt aan de hand van ontwikkelingsvarianten of ontwikkelingsrichtingen die ieder een ander toekomst perspectief voor de delta vertegenwoordigen. Deze lange termijn varianten adresseren in samenhang opgaven voor economische ontwikkeling, bescherming tegen overstromingen, zoetwatervoorziening en de ecologische ontwikkeling binnen het gebied.

## 1.2 Doelstelling van deze studie

Het lange termijn ontwikkel perspectief wordt vormgegeven aan de hand van een aantal ontwikkel varianten die een lange termijn perspectief beschrijven. De varianten "Zoute Delta" (volledig open zeearmen) en "Zoete Delta" (afgedamde, zoete bekkens) geven daarbij de uiterste grenzen van ontwikkelmogelijkheden aan. Zowel fysisch-chemische ontwikkeling (zoutgehalte, nutriënten, waterdynamiek) als ecologische ontwikkeling (ontstaan van habitats en levensgemeenschappen, biodiversiteit) zal in elke variant anders zijn en tevens bepalend voor de economische potentie van het gebied. Deze deelrapportage uitgevoerd door IMARES heeft als doel een eerste stap te leveren voor de ecologische onderbouwing die nodig is om invulling te geven aan de drie varianten. Deze ecologische onderbouwing dient als basis om in een volgende stap het voorkomen van habitats en levensgemeenschappen in de varianten te voorspellen, te beschrijven en te waarderen.

## 1.3 Werkwijze

De ecologische onderbouwing van de varianten bestaat uit twee stappen:

1. Definiëren en onderbouwen systeemtypen: De varianten resulteren in het ontstaan van een andere indeling van de waterbekkens in de ZW Delta ten opzichte van de huidige situatie. Dit leidt tot een nieuwe situatie met andere karakteristieken, bijvoorbeeld een zout water getijde systeem of een zoet water meer. De eerste stap is daarom om systeemtypen te definiëren en onderbouwen die als kader dienen voor de invulling van de varianten.
2. Definiëren en onderbouwen habitattypen: de systeemtypen zijn voorwaardelijk voor de verschillende typen habitats die in de varianten zullen voorkomen. De volgende stap is dan ook om per systeemtype, de bijbehorende habitattypen te definiëren en te beschrijven wat de karakteristieken van ieder habitat zijn en bij welke randvoorwaarden ze voorkomen.

De indeling in systeem- en habitatypen vormen de "gereedschapskist" voor een verdere (ruimtelijke) invulling van de varianten in een volgende stap.

#### **1.4 Afbakening**

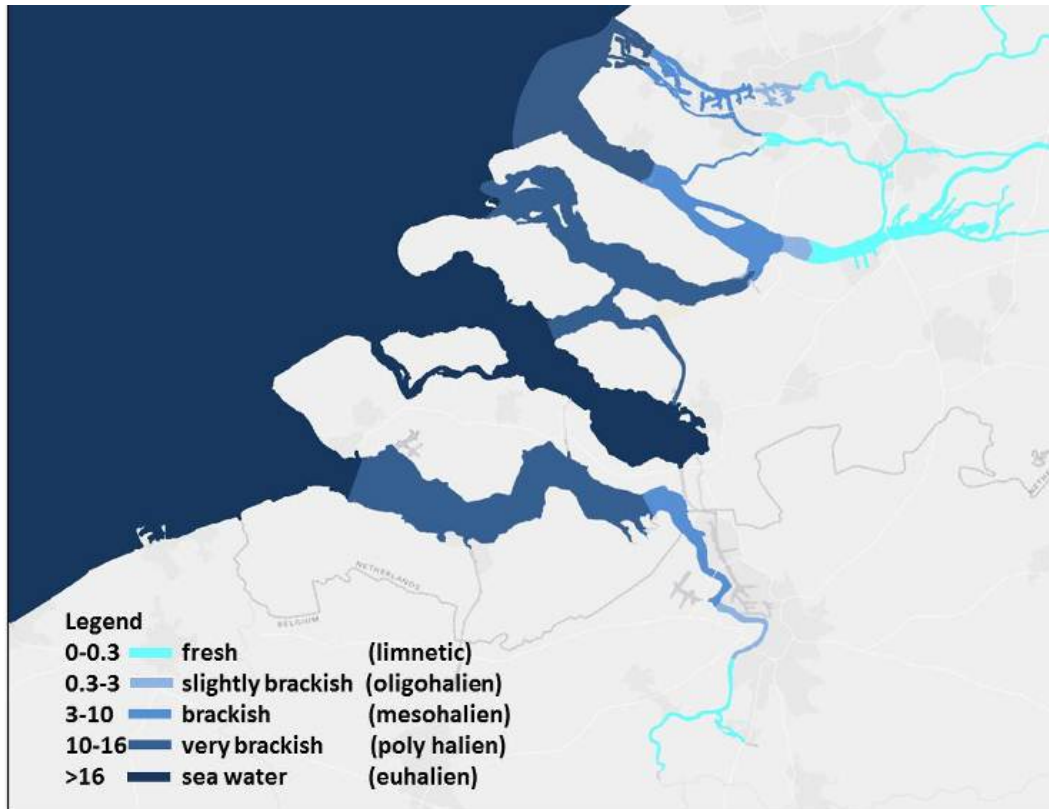
Het project ecologische afbakening vormt een korte studie die is uitgevoerd in twee maanden (december 2012- januari 2013). IMARES stelt bestaande kennis en inzichten beschikbaar voor de invulling van de ecologische onderbouwing. Dit gebeurt op basis van expert judgement en gebruik van literatuur.

#### **1.5 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving van het gebied gegeven met nadruk op de fysieke eigenschappen. Hoofdstuk 3 gaat in op een indeling in systeemtypen als onderbouwing voor de invulling van de varianten waarna in hoofdstuk 4 bijbehorende habitatypen worden besproken. In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de potentiële stuurvariabelen die gezamenlijk het voorkomen van watersystemen en habitats bepalen.

## 2 Gebiedsbeschrijving Zuidwestelijke Delta

Voor de Deltawerken bestond de ZW Delta uit vijf zearmen (Westerschelde, Oosterschelde/Veerse Meer, Grevelingen, Haringvliet en Nieuwe Waterweg) die de rivieren Rijn, Maas en Schelde met de Noordzee verbonden. Deze systemen stonden met elkaar in verbinding (behalve de Westerschelde) en werden gekenmerkt door geleidelijke overgangen van zoet naar brak naar zout water (Figuur 1).



Figuur 1: Reconstructie van het Chloridegehalte in de onderste waterlaag (% CL) in de delta voor de Deltawerken tijdens hoogtij en gemiddelde rivierafvoer uit Wiersma et al, 2012 (in voorbereiding) en gebaseerd op (Wolff 1973).

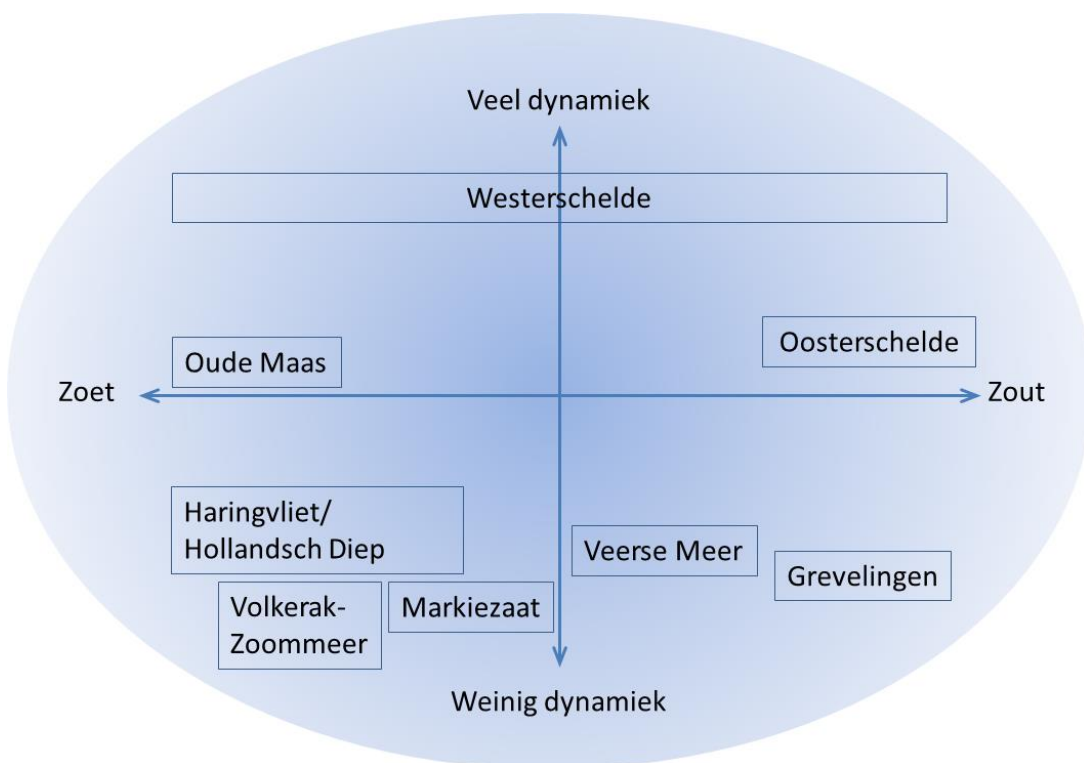
Door de aanleg van de Deltawerken (1960-1986) veranderde het systeem in een serie (half-)afgesloten zoet, zout en brakwatermeren waarin de estuariene dynamiek grotendeels is verdwenen. De Westerschelde bleef als enige een open estuarium. De andere drie zearmen veranderden in vijf van elkaar gescheiden bekkens: Oosterschelde, Veerse Meer, Grevelingenmeer, Volkerak-Zoommeer en Haringvliet/Hollandsch Diep (Figuur 2). Het estuariene ecosysteem is daarmee nu opgeknipt in een serie kleinere ecosystemen met uiteenlopende karakteristieken (Figuur 3). Als geheel zijn deze systemen geen estuarium meer omdat ze geen overgangsgebied vormen van rivier naar zee. De Nieuwe Waterweg bleef ook een open arm (weliswaar met een afsluitbare kering: Maeslantkering), maar dit is een gegraven verbinding tussen de Rijn/Maas en de Noordzee en wordt in deze studie buiten beschouwing gelaten.

De Deltawerken hebben de veiligheid van Nederland aanzienlijk vergroot. Tegelijkertijd is de dynamische werking van eb en vloed geheel verdwenen of sterk verminderd. Veel zeeeringen zijn volledig gesloten (dammen), waardoor verbindingen en geleidelijke zout-zoet overgangen zijn verdwenen. Door afdamming en verzoeting zijn oorspronkelijke estuariene zoute en brakke natuurwaarden verloren gegaan. Daarvoor is een andere, meer door de mens gereguleerde natuur in de plaats gekomen en zijn nieuwe habitats ontstaan met bijbehorende soorten en leefgemeenschappen. Deze systemen zijn deels nog steeds in ontwikkeling. Alle afgesloten zearmen in de Zeeuwse Delta zijn als Natura 2000-gebied aangewezen.





Figuur 2: De bekens van de Zuidwestelijk Delta en de Deltawerken: 1. Grevelingendam, 2. Volkerakdam, 3. Haringvlietdam, 4. Brouwersdam, 5. Oesterdam, 6. Markiezaakade, 7. Zandkreekdam, 8. Philipsdam, 9. Bathse Spuisluis, 10. Oosterscheldekering, 11. Veerse Gatdam.



Figuur 3: De bekens van de Zuidwestelijk Delta gepositioneerd langsheen de zoutgradiënt (horizontale as) en langs de estuariene dynamiek gradiënt (verticale as).

Door de Deltawerken zijn in ZW Delta verschillende bekkens ontstaan met elk een eigen karakter (zie Figuur 2 en Figuur 3) (naar Tangelder et al. 2013):

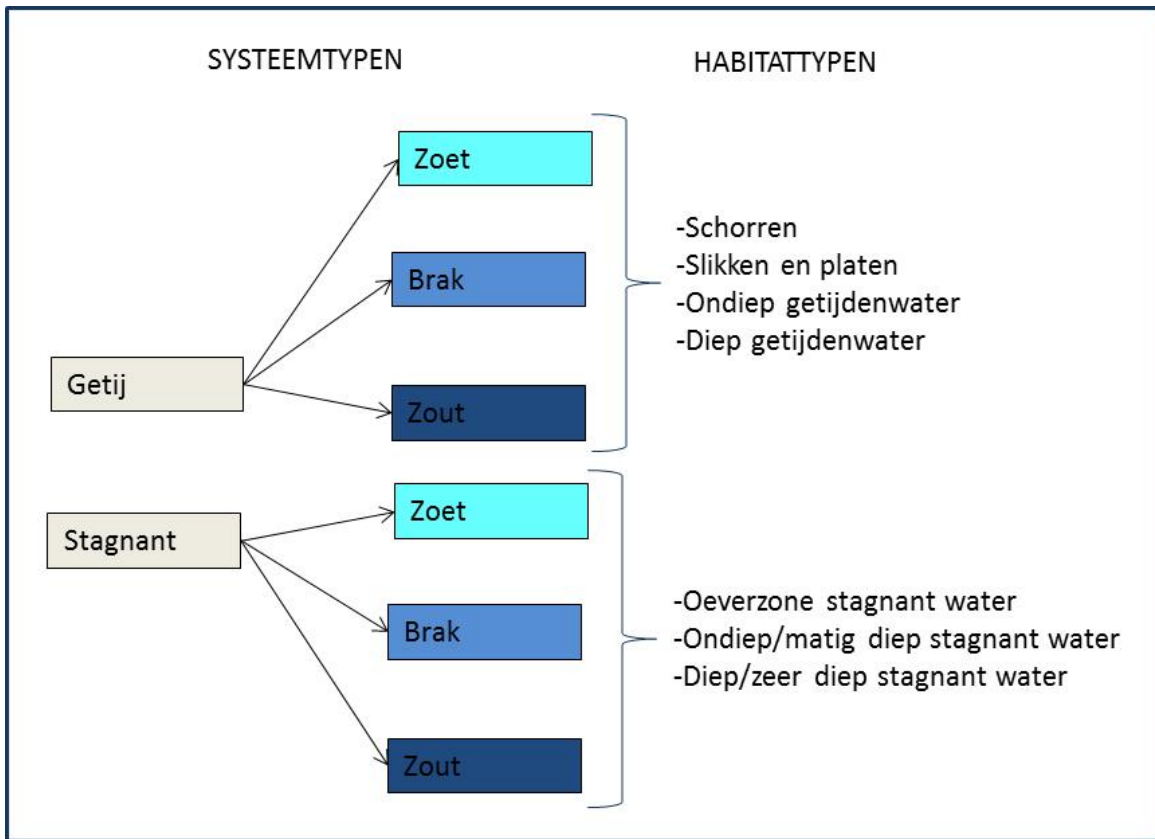
- De **Westerschelde** vormt een zeer dynamisch systeem met een getijslag van circa 3,5-4m bij de monding . De Westerschelde wordt gevoed door de rivier de Schelde en vormt het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium. De Westerschelde is samen met de Eems-Dollard het enige deltawater van Nederland waar sprake is van een open verbinding en een natuurlijke overgang van rivier naar zee. Het estuarium wordt dan ook gekenmerkt door een geleidelijke zout-brak-zoet overgang. De Westerschelde is tevens een meergeulensysteem dat gevormd wordt door een stelsel van vloed- en ebgeulen en kortsluitgeulen die een complex van droogvallende zandbanken, slikken en schorren doorsnijden. Dit estuarium is qua aard en omvang uniek voor Europa. De Westerschelde is van groot belang voor de scheepvaart o.a. naar de haven van Antwerpen en wordt sinds tientallen jaren op diepte gehouden om toegang voor zeeschepen te kunnen garanderen. Door het intensieve bagger en stortbeleid zijn veranderingen in het morfologisch systeem opgetreden waarbij zand uit de geulen op de platen en slikken beland en het doorstroomoppervlak toeneemt (Mulder, Taal et al. 2012). Het gevolg hiervan is dat platen en slikken steeds hoger komen te liggen en ook dat de getijgolf dieper in het estuarium doordringt. De Westerschelde heeft een hoge sedimentlading van het water (ca. 50 mg.l<sup>-1</sup> gemiddeld, maximaal enkele 100den g.l<sup>-1</sup>, (Vroom, Van Gils et al. 2012). Sediment wordt vanuit het westen meegevoerd vanaf de Noordzee met het getij en komt vanuit het oosten binnen via de rivier de Schelde.
- De **Oosterschelde** is een relatief helder getijdewater met een getijslag die varieert van 2,5 meter bij de monding tot 4 meter in het oosten. Door de bouw van compartimenteringsdammen ontvangt het bekken nog een zeer beperkte aanvoer van zoet water (25m<sup>3</sup>/s) via sluizen en afwatering (Nienhuis and Smaal 1994). Het vormt een belangrijk gebied voor de schelpdiervisserij (mosselen, oesters) en herbergt tevens waardevolle natuurwaarden. Als gevolg van de bouw van de stormvloedkering namen het getijvolume, de getijslag en de stroomsnelheden af. Door deze afname, zijn de geulen te groot geworden voor de kleinere hoeveelheid water die er doorstroomt, waardoor het sediment van de slikken en platen erodeert en in de geulen belandt, dit proces heet "zandhonger". De voorspelling is dat hierdoor in 2045 circa 50% van de slikken en platen zullen zijn verdwenen (Van Zanten and Adriaanse 2008). Het interne zandtekort van de geulen wordt geschat op 400 – 600 miljoen m<sup>3</sup> en zal bij een zeespiegelstijging van 2mm/jaar nog eens met 0,75 Mm<sup>3</sup>/jaar toenemen wat het effect van de zandhonger versterkt (Mulder, Taal et al. 2012). Op dit moment wordt een MIRT Verkenning Zandhonger en een ANT-studie uitgevoerd om oplossingsrichtingen te verkennen. Het sedimentaanbod in de Oosterschelde is zeer beperkt. Door de Oosterscheldekering komt vrijwel geen sediment naar binnen (Mulder, Taal et al. 2012) waardoor er een zeer beperkt aanbod bestaat voor opslibbing van voorlanden en schorren. Hoe groot dit aanbod precies is, is onduidelijk. Deze ontwikkeling in samenspel met de erosie als gevolg van de zandhonger leidt ertoe dat deze gebieden de zeespiegelstijging niet kunnen bijhouden.
- Het **Veerse meer** was vroeger een apart watersysteem dat aantakte op het Oosterschelde estuarium, Sloe en Schenge. Het Veerse Meer was het eerste bekken dat is afgedamd door de Zandkreekdam in het oosten (1960) en de Veerse Gatdam in het westen (1961). Het meer ontwikkelde zich tot een brakwater meer. Het Veerse Meer is 22 kilometer lang. De breedte varieert van 150 tot 1500 meter; de totale oeverlengte bedraagt 55 kilometer. De diepte varieert en bedraagt maximaal 25 meter, met een gemiddelde van 5 meter. Ruim 2000 ha schorgebied is permanent droog komen te liggen en in het meer bevinden zich nu 13 grote en kleine eilanden. Door het stilstaande water en overslag van voedselrijk polderwater ontstonden waterkwaliteitsproblemen met een overmatige groei aan Zeesla en een teruggang van de waterkwaliteit (Nolte 2002). Om deze problemen het hoofd te kunnen bieden werd in 2004 de "Katse Heule" in de Zandkreekdam geopend. Deze doorlaat zorgde

ervoor dat er meer doorstroming en ca. 20 cm getij ontstond en de waterkwaliteit verbeterde. Het meer is weer zouter geworden en het zuurstofgehalte in de diepere delen is verhoogd. Mariene soorten nemen langzaam weer toe.

- Het **Grevelingenmeer** is het grootste zoutwater meer in Europa en vormt een uniek ecologisch systeem. De Grevelingen heeft een oppervlakte van 14000 hectare. Het diepste punt is 48 meter. Na afsluiting door de Brouwersdam is het getij weggevallen. Het meer bleef echter wel zout door de aanleg van een verbinding met de Noordzee in 1978 waardoor geringe uitwisseling van water met de Noordzee mogelijk is. De aanwezige eilanden raakten snel begroeid en oeververdedigingen met stortstenen werden aangebracht om erosie door golven te beperken. Enkele jaren geleden is vastgesteld dat het meer te maken heeft met zuurstofloosheid van de bodem. Dit probleem speelt met name in de zomer en wordt veroorzaakt doordat de onderste koude waterlaag niet goed mengt met de bovenste waterlaag en organisch materiaal dat hier neerdaalt gaat rotten. Dit zorgt voor een tekort aan zuurstof wat leidt tot sterfte van bodemleven (Lengkeek, Bouma et al. 2007).
- Het **Volkerak-Zoommeer** is na de aanleg van de Deltawerken door aanvoer van zoetwater vanuit Brabantse rivieren, afwatering vanuit Flakkee en inlaat van Hollands Diep water, relatief snel verzoet. Hiermee ontstond een van de grootste zoetwatermeren van Nederland (6150 ha). Hoewel Volkerak en Zoommeer onder één naam worden genoemd, gaat het eigenlijk om twee verschillende systemen. De eilanden en oevers van het Volkerak-Zoommeer raakten snel begroeid met zoet minnende vegetatie en er zijn oeververdedigingen aangebracht om erosie te beperken. Karakteristiek voor het Volkerak – Zoommeer is de variatie in hoogteligging. Deze variatie zorgt, samen met de buitendijkse gronden, de aangelegde eilandjes en de zones met rustig water achter de vooroeververdedigingen, voor een divers systeem. Binnen de dijkkring van het Volkerak – Zoommeer komen ca. 2250 ha oeverland (voormalige slikken en schorren) voor, waarvan ruim 70% rond het Volkerak.  
Door het stagnante water, beperkte verversing en aanvoer van nutriëntenrijk rivier- en landbouwwater, heeft het meer sinds 1994 in de zomer te kampen met algenbloei van toxische blauwalgen (*Microcystis*) (Verspagen, Passarge et al. 2006). Dit heeft ernstige gevolgen voor de fauna in en om het meer, maar vormt ook een probleem voor recreanten en omwonenden. Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta onderzoekt of het toelaten van zout water een oplossing is voor de hierboven beschreven problemen. Tevens is het meer aangewezen als waterbergingsgebied. Deze berging zal incidenteel nodig zijn; 1/1400 jaar tot 2050 en 1/230 jaar in de opvolgende jaren. Dit zorgt ervoor dat dijkverzwaringen langs het Haringvliet en Hollandsch Diep en in Rijnmond-Drechtsteden uitgesteld kunnen worden of in omvang verminderen.
- Na de aanleg van de Haringvlietdam hebben het **Haringvliet en Hollandsch Diep** zich ontwikkeld tot stilstaande zoete wateren. Het Spui verbindt het Haringvliet met de Oude Maas. De oeverzones zijn drooggevallen en op meerdere plaatsen versterkt met stort- en zetsteen (Rijkswaterstaat 2011). Er is nog een beperkt getij aanwezig van 20 cm via de verbinding met de Nieuwe Waterweg via het Spui en de Dordtse Kil. De inwerkingstelling van het geplande Kierbesluit in 2014 ten behoeve van vismigratie zal zorgen voor een geringe zoutinvloed bij de monding. Op de bodem van voornamelijk het Hollandsch Diep is een met zware metalen vervuilde sliblaag aanwezig die een erfenis is van de vervuiling vanuit de rivieren in de jaren '70. Deze sliblaag is inmiddels afgedekt door een schonere sliblaag uit de latere jaren (Mulder, Cleveringa et al. 2010).  
Het Deltaprogramma onderzoekt de mogelijkheid om de Haringvlietssluzen te beheren als stormvloedkering en kijkt naar mogelijkheden om het estuariën karakter (zoet-zout overgang en beperkt getij) van het Haringvliet en Hollandsch Diep deels te herstellen.

### 3 Indeling in systeemtypen en habitattypen

De ontwikkelvarianten zullen resulteren in het ontstaan van andere systeemtypen ten opzichte van de huidige situatie. Gekozen is voor een indeling in getijdesystemen (estuaria) en stagnante systemen. Getijdesystemen staan onder invloed van getijdewerking en staan in verbinding met de Noordzee. Stagnante systemen hebben geen of een zeer beperkte getijdewerking; dit wil niet zeggen dat er geen waterpeil schommelingen kunnen optreden in deze systemen. Beide systeemtypen kunnen verder opgesplitst worden op basis van het zoutgehalte in zoet, brak en zout (Figuur 4). In totaal zijn er dus zes systeemtypen: drie getij en drie stagnant. Hiervoor zijn weer verschillende habitattypen geformuleerd die karakteristiek zijn voor getijde- en stagnante wateren en waarvan de leefgemeenschappen en kenmerkende soorten variëren met het zoutgehalte. Abiotische kenmerken en processen zullen in belangrijke mate de biodiversiteit en het ecologisch functioneren in de verschillende bekkens bepalen.



Figuur 4: Indeling in systeemtypen en habitattypen. Voor de zes verschillende systeemtypen zijn habitattypen benoemd voor de getijde en stagnante systeemtypen

### 3.1 Algemene kenmerken getijde systeemtype

Getijdesystemen (estuaria) zijn kustsystemen waarin zout en zoet water elkaar ontmoeten. In dergelijke systemen spelen zich een aantal complexe fysische processen af, die van belang zijn om te begrijpen hoe organismen zich aanpassen aan deze specifieke omgeving. Onderstaande beschrijving is deels gebaseerd op N2000 habitattypen <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/>, Holzhauser et al. 2011, Van den Bussche et al. 2002, Bouma et al. 2005, Ysebaert 2000.

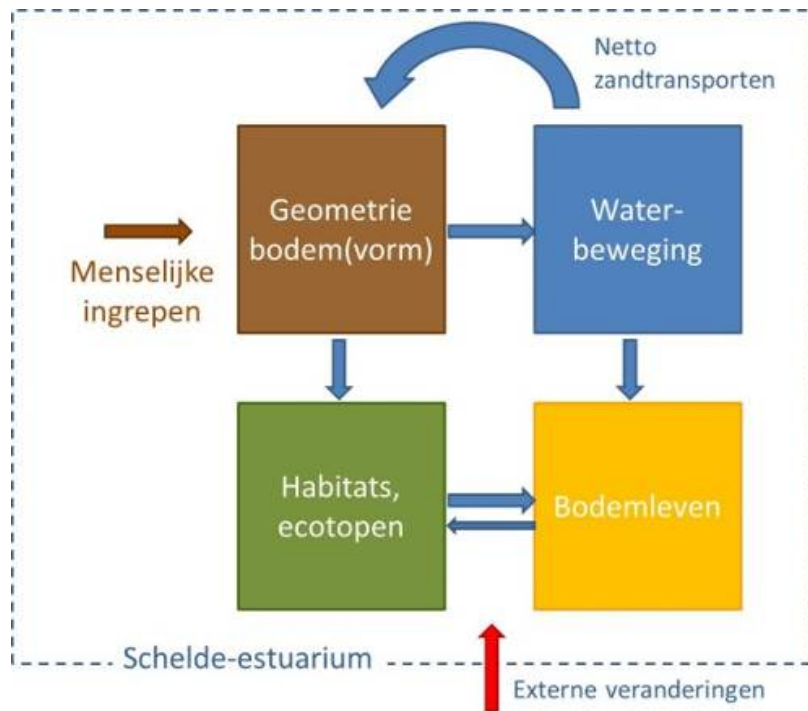
#### 3.1.1 Waterbeweging en morfologie

De waterbeweging in estuaria zoals bijvoorbeeld het Schelde-estuarium wordt vooral bepaald door het astronomische getij, dat voortkomt uit de beweging van aarde, maan en zon. De uiteindelijke waterbeweging in een watersysteem wordt bepaald door wisselwerking met de bathymetrie, geometrie en randvoorwaarden zoals de rivierafvoer en het getij op zee. Verticaal uit zich dat in de hoog- en laagwaters van het getij en/of waterpeilfluctuaties onder invloed van een wisselende rivierafvoer (vooral bovenstreams). Horizontaal vertaalt de waterbeweging zich in stroomsnelheden en debieten. Wind zorgt voor golven aan het oppervlak en voor extra opstuwing of afwaaiing van het water.

De getijdewerking zorgt ervoor dat het water in een estuarium steeds in beweging is. De getijamplitude varieert van plaats tot plaats en ook in de tijd. Hoe groter de getijamplitude hoe krachtiger de getijdenstromingen en hoe groter de intergetijdengebieden (slikken, platen en schorren). Estuaria worden gekenmerkt door wisselwerkingen tussen de waterbeweging, het transport van sediment en morfologische veranderingen (Figuur 5). Dit resulteert in bodempatronen bestaande uit vloed- en ebgeulen en kortsluitgeulen dat een complex van droogvallende zandbanken, slikken en schorren doorsnijdt. Deze vertonen een zekere mate van dynamiek, zowel in de ruimte als in de tijd (zie verder). De complexe fysico-chemische processen in estuaria leiden tot een gevarieerd aanbod aan habitats of ecotopen, welke op hun beurt het voorkomen van levensgemeenschappen bepaalt (Figuur 5, zie verder Ecologische betekenis).

Daarnaast kan men de morfologie op verschillende ruimtelijke en temporele schalen bekijken:

- megaschaal: morfologische processen op het niveau van het systeem 'estuarium' en de op- en afwaartse systemen (resp. de bovenlopen en de Noordzee);
- macroschaal: gedrag van morfologische eenheden, bijvoorbeeld voor de Westerschelde bestaande uit een eb- en vloedgeul met tussenliggende platen, en hun onderlinge processen;
- mesoschaal: ontwikkelingen en processen op het niveau van individuele geulen en platen;
- microschaal: hierbij zoomt men in op de grootste graad van detail, namelijk de bodemvormen en onderliggende sedimenttransporten.



Figuur 5: Samenspel van waterbeweging en geometrie in een estuarium leiden tot een estuarien landschap met diverse habitats en leefgemeenschappen (aangepast naar Nolte et al. (2011)).

### 3.1.2 Zoet-zout gradiënt

In een estuarium wordt het rivierwater in meer of mindere mate gemengd met zeewater. De ligging van de mengzone en de mate van verticale menging (verticale zoutgradiënt, omdat het zoet water lichter is dan het zoute) zijn sterk afhankelijk van het getij, de golflslag en wind enerzijds en de hoeveelheid zoetwateraanvoer anderzijds. Dit kan enorm fluctueren in ruimte en tijd; per dag, per getijcyclus, per seizoen en per jaar. Op basis van het zoutgehalte kunnen estuaria ingedeeld worden in een aantal zones (Tabel 1).

Tabel 1: Indeling op basis van zoutgehalte (saliniteit).

Zone	Zoutgehalte		Klasse
	Psu (saliniteit)	‰ CL (chloridegehalte)	
Zoetwater(getijdezone)	<0.5	<0.3	Zoet
Oligohaliene zone	0.5 – 5.0	0.3-3	Brak
Mesohaliene zone	5.0 – 18.0	3-10	Brak
Polyhaliene zone	18.0 – 30.6	10-17	Zout
Euhaliene zone	>30.6	>17	Zout

### 3.1.3 Sedimenthuishouding

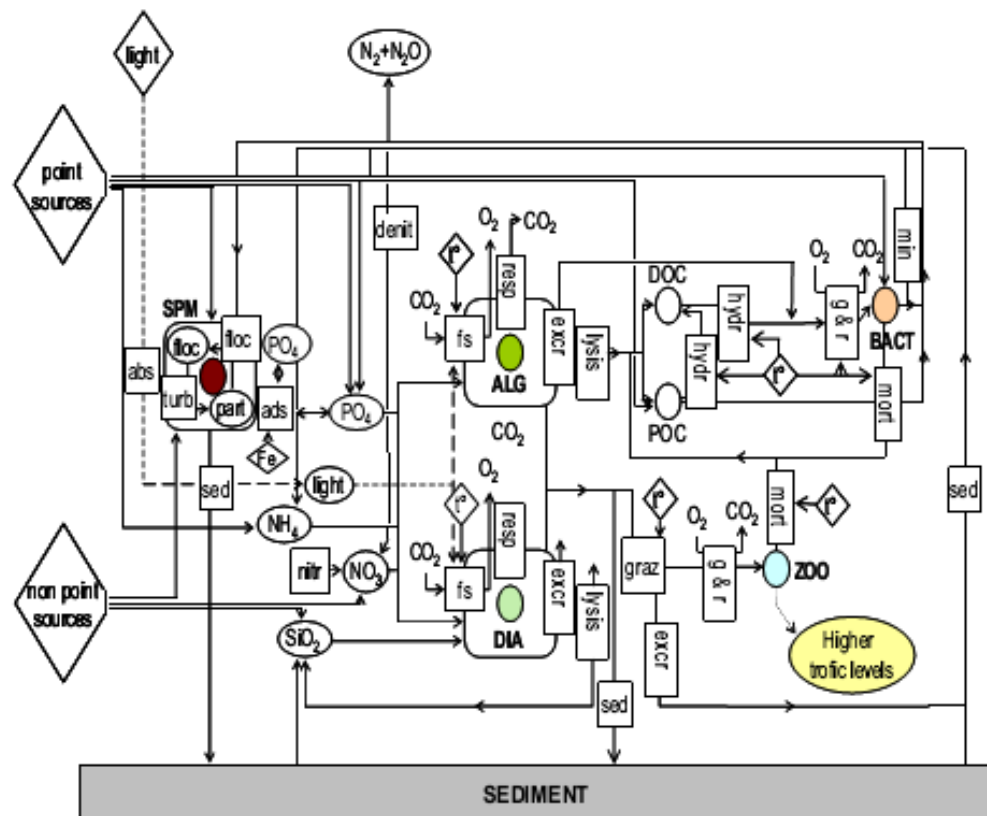
Door de dynamische waterbeweging, in combinatie met de geometrie van het gebied, ontstaat in een estuarium een gevarieerde morfologie, samengesteld uit hoofdgeulen, nevengeulen, kortsluitgeulen, zandplaten, slikken en schorren. Op plaatsen waar het water snel stroomt worden geulen uitgesleten; daaromheen wordt grof materiaal (zand) afgezet. Op plaatsen waar het water langzamer stroomt, komt fijner sediment (slib) tot bezinking. Dit zijn vaak de hogere, droogvallende delen. Zo ontstaan er geleidelijke overgangen tussen hoogdynamische (grof)zandige bodems en laagdynamische, slibrijke bodems. De morfologie van een estuarium is ook voortdurend aan veranderingen onderhevig, in ruimte

en tijd, door korte termijn dynamiek (getijdewerking), seizoendynamiek (hoge afvoeren en stormen met grote golfactiviteit) en zeer lange termijndynamiek (bijv. zeespiegelstijging).

Langsheen de zout-zoet gradiënt ontstaan doorgaans ook verschillen in sedimenthuishouding. In het algemeen worden aan de zeezijde (polyhaliene zone) doorgaans grovere zanden afgezet door getij en golfwerking. In het midden van een estuarium (mesohaliene deel) zetten zich vooral langs de randen fijne sedimenten af, bestaande uit slib- en kleideeltjes en organisch materiaal. In de intergetijdengebieden waar de stroomsnelheden en windinvloed geringer zijn, wordt fijn materiaal afgezet (slib) en op de hoogste delen kunnen schorren ontwikkelen. In de oligohaliene zone kunnen troebelheidsmaxima optreden. Hier is het percentage zwevende stof zeer groot en daarmee de lichtdoordringing gering. Deze troebelheidsmaxima variëren in locatie en grootte, maar liggen meestal in de zone tussen de 5 ‰ zoutgehalte (saliniteit) en de zoetwaterzone, de plaats waar zee en rivierwater elkaar ontmoeten. De slikranden in de oligohaliene zone zijn vaak zeer slibrijk.

### 3.1.4 Waterkwaliteit (fysico-chemische parameters)

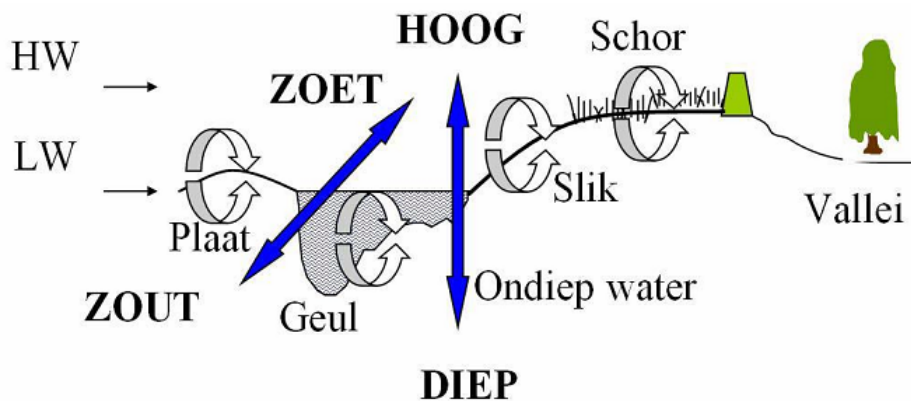
Fysisch-chemische eigenschappen zijn bepalend voor de kwaliteit van het ecosysteem. De kwaliteit van een watersysteem wordt dan ook vaak bepaald aan de hand van fysicochemische parameters. Figuur 6 toont de belangrijkste stofstromen in het estuarium. Voor het bepalen van de waterkwaliteit zijn zuurstof, nutriënten en algenbloei bepalende parameters, naast toxische stoffen, welke kunnen interfereren met verschillende pelagiale processen of rechtstreeks een invloed kunnen hebben op hogere trofische niveaus, waardoor ze determinerend kunnen zijn voor de globale kwaliteit van het ecosysteem. Zoutgehalte is ook een belangrijke parameter die van belang is voor waterkwaliteit. Omdat de zout-zout gradiënt een belangrijke eigenschap is van een estuarium wordt deze in 4.1.2 apart besproken.



Figuur 6: Belangrijkste stofstromen in het estuarium. Omkaderd staan processen (abs: absorptie; floc: flocculatie; sed: sedimentatie; ads: adsorptie; nitr: nitrificatie; denitr: denitrificatie; fs: fotosynthese; resp: respiratie; excr: excretie; hydr: hydrolyse; g&r: groei en respiratie; mort: afsterven; min: mineralisatie), omcirkeld zijn toestandsvariabelen (PO4: fosfaten, NH4: ammonium; NO3: nitraat; SiO2: silicaat; DOC: opgeloste organische koolstof; POC: particulier. Uit: Evaluatiemethodiek Westerschelde, (Holzhauer, Maris et al. 2011)).

### 3.1.5 Ecologische betekenissen

De leefomgeving voor flora en fauna van estuaria wordt gekenmerkt door een grote variatie aan habitats (Figuur 7). Deze variatie wordt veroorzaakt door drie grote gradiënten: een longitudinale gradiënt van volledig zoet naar volledig zout, een verticale gradiënt van het diepste punt van de geul tot het hoogste deel van het schor, en een interne gradiënt van een (cyclische) variatie in habitat turnover en dynamiek. De habitats en hun kenmerken zijn de resultante van de aanwezige morfo- en hydrodynamiek. De voortdurende afwisseling van eb en vloed is een belangrijke sturende factor. De hiermee samenhangende sturende factoren als afwisseling van erosie en sedimentatie van bodemmateriaal, fluctuaties in zoet - zout, getijamplitude en overstromingsduur en -frequentie, hydrodynamiek (stroomsnelheden, golfwerking), dynamiek in temperatuur en helderheid van het water, slibgehalte, zijn bepalend voor de biodiversiteit van het estuarium.



Figuur 7: Overzicht van de verschillende estuariene habitats langs een longitudinale zoutgradiënt, een verticale diepte-gradiënt en een interne dynamiekgradiënt. (Meire en Maris, 2008).

De in Figuur 7 onderscheiden habitats kunnen als volgt gedefinieerd worden:

- Geulen: het deel van de bodem gelegen beneden de gemiddelde laagwaterlijn;
- Platen: het deel van de bodem gelegen tussen gemiddeld tij en gemiddeld laagtij en omgeven door water;
- Slikken: het deel van de bodem tussen gemiddeld tij en gemiddeld laagtij en grenzend aan een dijk of schorgebied
- Schorren: begroeide delen tussen slik en dijk.

Vanuit de ecologie worden als onderdeel van de geulen ook nog de zones met ondiep water onderscheiden: het deel van de bodem tussen -5m en -2m t.o.v. de gemiddelde laagwaterlijn.

Daarnaast wordt steeds duidelijker dat ook de flora en fauna een belangrijke rol spelen in de vorming van habitats (Jones, Lawton et al. 1994). De schorvegetatie speelt een zeer belangrijke rol in de sedimenthuishouding van de intertidale gebieden. Vegetatie kan het invangen van sedimenten sterk bevorderen en het proces van erosie afremmen. Hierdoor vermindert de invloed van de getijdynamiek en wordt vervolgens de groei en successie van de vegetatie verder bevorderd.



Alle planten en dieren hebben vertegenwoordigers in het estuarien milieu. Dat komt door de grote diversiteit aan habitats, door de hoge primaire productie en door de open verbinding tussen zoet en zout water, waar onder andere migrerende vissen van kunnen profiteren. Daarnaast heeft het estuarium een belangrijke functie in het filteren van ongewenste stoffen.

De afwisseling van en de functionele samenhang tussen de habitats vormen een wezenlijk aspect van de ecologische structuur en functie van estuaria. De kwaliteit van het estuarium wordt bepaald door deze habitatdiversiteit en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. De landschappelijke samenhang van het getijdenlandschap is voor veel van haar karakteristieke soorten cruciaal, omdat die soorten een deel van hun levenscyclus in verschillende deelsystemen of habitats doorbrengen. Figuur 8 geeft een beeld van een typisch estuarien getijdelandchap.



*Figuur 8: Luchtfoto's van typische estuariene habitats: slikken (links) en schorren (rechts).*

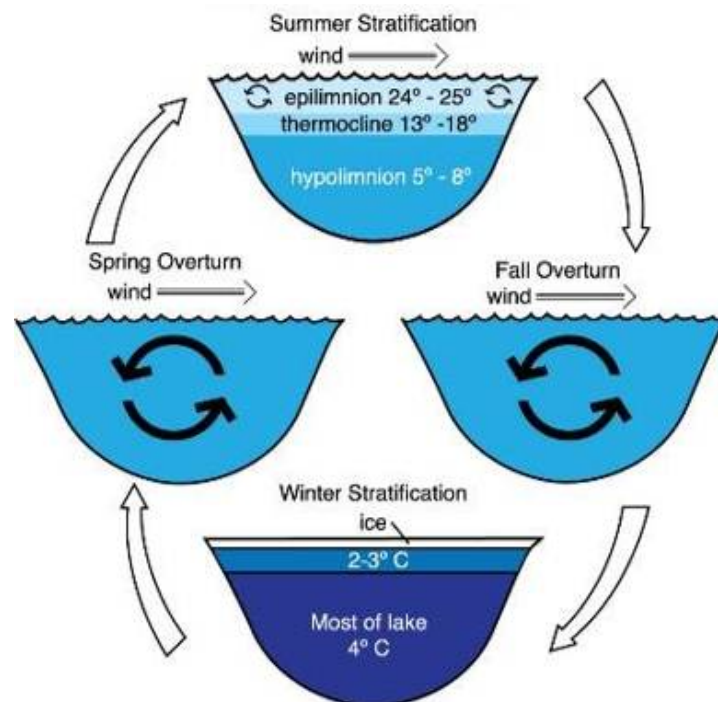
### 3.2 Algemene kenmerken stagnante systeemtype

Stagnante systemen zijn stilstaande waterlichamen die geheel of vrijwel geheel door land of dammen zijn omringd. Deze systemen worden gekenmerkt door een aantal typerende processen en kennen ook een grote onderlinge verscheidenheid in systeemeigenschappen die erg bepalend zijn voor het voorkomen van levensgemeenschappen. Onderstaande beschrijving en invulling zijn deels gebaseerd op Van der Mol et al. (2000), Carlson (1996), Moon-Carlson (2009).

#### 3.2.1 Waterbeweging

Stagnante systemen hebben geen of een zeer beperkte getijdewerking; dit wil niet zeggen dat er geen waterpeil schommelingen kunnen optreden in deze systemen. Soms staan deze systemen in verbinding met een afwaterende rivier die voor enige peildynamiek en waterbeweging zorgt maar dit is niet in alle gevallen zo. De waterdynamiek in stagnante systemen in Nederland zoals hier worden getypeerd zijn overeenkomstig met die van meren en worden gekenmerkt door een sterke thermische seizoenstratificatie in de zomer en de winter (Figuur 9). In de zomer wordt de bovenste waterlaag (epilimnion) opgewarmd door de zon terwijl de onderste waterlaag (hypolimnion) nog relatief koud (en daardoor ook zwaarder) is waardoor temperatuur gelaagdheid optreedt. In de herfst treedt menging gedreven door de wind op, waarna in de winter opnieuw een gelaagde situatie ontstaat, maar nu met het koude water bovenin terwijl de onderste waterlaag een paar graden warmer is. Temperaturen hangen af van lokale omstandigheden en kunnen ook van jaar tot jaar verschillen. In de lente vindt wederom menging plaats waardoor de cyclus weer van voor af aan begint.

Door de zeer beperkte waterbeweging is het sedimenttransport in stagnante systemen gering en hoofdzakelijk gedreven door windgolven. Hoe groter de omvang van het waterlichaam des te meer grip de wind kan krijgen op de watervlakte (strijk lengte) en grotere golven kunnen ontwikkelen. De mate van sedimenttransport is tevens afhankelijk van de bodemsamenstelling (bv. zand, slib, grind). Daarbovenop heeft de mens vaak harde substraten toegevoegd (bijv. t.b.v. oeververdedigingen).



Figuur 9: Typering van de herfst en lente "turnover" in stagnante systemen. Een proces gedreven door de voor- en najaarswinden waarbij het gestratificeerde watersysteem volledig wordt gemengd (Moon-Carlson 2009).

### 3.2.2 Zoutgehalte

Stagnante systemen kunnen een zeer uiteenlopend zoutgehalte hebben van zoet (saliniteit <0.5), brak (saliniteit 0.5-18) tot zout (saliniteit 18->30) (zie Tabel 1), maar kennen geen zoet-zout gradiënt zoals bij getijdensystemen het geval is. Wel kan er een verticaal verschil in zoutgehalte optreden, bijvoorbeeld wanneer een zout meer is verzoet maar er in de onderste waterlaag nog zout water aanwezig is. De zoete waterlaag drijft dan als het ware op de zoute waterlaag die een hogere dichtheid heeft waardoor er weinig menging plaatsvindt en een "chemocline" ontstaat. Andere belangrijke aspecten met betrekking tot zoutgehalte zijn de mate van neerslag en verdamping die kunnen zorgen voor een fluctuatie in zoutgehalte.

### 3.2.3 Waterkwaliteit

De gelaagdheid die doorgaans optreedt in stagnante systemen is van invloed op de processen in het water. Het epilimnion (bovenste waterlaag) betreft de zone waar het zonlicht kan doordringen en wordt gedomineerd door primaire processen (fotosynthese, primaire productie) en kent een relatief hoge zuurstofverzadiging. Het hypolimnion (onderste waterlaag) kent weinig tot geen licht inval en door de gelaagdheid vindt ook weinig uitwisseling plaats met het epilimnion. Doordat het hypolimnion het organisch materiaal ontvangt wat van boven naar beneden zinkt wordt deze zone gedomineerd door afbraakprocessen en kent daardoor ook een lage tot zeer lage zuurstofverzadiging.

Het nutriënten aanbod en in het bijzonder fosfaatconcentraties zijn bepalend voor de primaire productie door algen en waterplanten. Ook verblijftijden en verversing zijn hier op van invloed. Tabel 2 geeft een mogelijke typering van trofische klassen in relatie tot chlorofyl, fosfaat en doorzicht. Oligotrofe systemen zijn door lage nutriëntenbeschikbaarheid gekenmerkt door een relatief lage primaire productie en zeer helder water doordat er weinig algen ontwikkelen. Door de relatief lage mate van afbraak, heeft de onderste waterlaag een relatief hoge zuurstofverzadiging, gunstig voor het voorkomen van vissen. Mesotrofe systemen worden gekenmerkt door een middelmatige biologische productiviteit en zijn over het algemeen helder met goed ontwikkelde zones met waterplanten. Eutrofe systemen zijn hoog productief als gevolg van o.a. hoge fosfaatwaarden waardoor er hoge primaire productie door algen plaatsvindt in de bovenste waterlaag. Extreem hoge ontwikkeling van algen (algenbloei) kunnen leiden tot vissterfte door een hoge mate van respiratie en afbraakprocessen die anoxische omstandigheden veroorzaken. Hypereutrofe systemen worden gekenmerkt door het regelmatig voorkomen van algenbloei en kennen een hoge mate aan troebelheid van het water.

Tabel 2: Een typering van trofische klassen in relatie tot chlorofyl en fosfaatconcentraties en doorzicht van meren gebaseerd op Carlson (1996).

<b>Trofische klasse</b>	<b>Chlorofyl (µg/l)</b>	<b>Fosfaat (µg/l)</b>	<b>Doorzicht (m)</b>
Oligotroof	0–2.6	0–12	>8–4
Mesotroof	2.6–20	12–24	4–2
Eutroof	20–56	24–96	2–0.5
Hypereutroof	56–155+	96–384+	0.5–<0.25

### 3.2.4 Ecologie

Het voorkomen van levensgemeenschappen in stagnante systemen wordt in grote mate bepaald door abiotische randvoorwaarden zoals waterpeil (dynamiek), diepteverloop, inlaat zout of zoet water, zoutgehalte, trofie, temperatuur etc. en lokale kenmerken zoals bodemsamenstelling. De grootte (oppervlakte) van een meer is in sterke mate bepalend voor de grootte van de windinvloed. In relatief grote meren treedt wind geïnduceerde stroming en golfslag op.

Behalve het oppervlak is vooral het diepteverloop van het meer belangrijk om de volgende redenen:

- afhankelijk van de helderheid kunnen ondergedoken waterplanten groeien tot een diepte van circa 6 meter,
- afhankelijk van de mate van beschutting en het wateroppervlak kunnen wateren met een diepte vanaf minimaal 6 – 10 meter stratificeren,
- in gestratificeerde meren vindt een sterke bezinking van organisch materiaal plaats,
- in diepe gestratificeerde meren in Nederland is het hypolimnion grotendeels zuurstofloos.

De hierboven genoemde stuurvariabelen hebben effect op de milieucondities die van invloed zijn op het voorkomen van soorten. Waterpeilfluctuaties kunnen een sterke invloed hebben op de chemische, ecologische en hydromorfologische toestand van meren. Een ander waterpeil en -dynamiek hebben tot gevolg dat de waterdiepte en overstromingsduur/frequentie veranderen. De inlaat van zoet water kan het nutriëntengehalte veranderen. Ook emissie vanuit het landelijke gebied kan dit beïnvloeden. Inlaat van zout water beïnvloedt het zoutgehalte. In hoeverre de standplaatscondities veranderen, hangt af van de mate van menging met het nu aanwezige zoete water. Daarnaast resulteert de inlaat van zout water in stratificatie. Hierdoor zou in deze gebieden zuurstofloosheid kunnen optreden, wat kan leiden tot bijv. een kleiner areaal aan vishabitat.

## 4 Karakterisering habitattypen

### 4.1 Habitats getijdewateren

Estuariene of getijdenatuur is natuur die zich ontwikkelt in het contact tussen zoet en zout water, tussen land en zee. Hét kenmerk van een estuarium is dynamiek en continue korte en lange termijn veranderingen. Denk maar aan eb en vloed, het geulenpatroon dat continu verandert en de wisselende zoutconcentraties. Het is een gebied met tal van natuurlijke overgangen: van droog naar nat, van zoet naar zout en van een stabiele naar een instabiele bodem. Door al deze overgangen is er een groot aantal verschillende habitats.

De meest kenmerkende habitats voor getijdewateren zijn: schorren, slikken en platen, ondiep getijden water gebieden en diep getijdenwater. Hierop volgend wordt van elk van deze habitattypen een beschrijving gegeven. Hierbij wordt invulling gegeven aan de onderstaande indeling per habitat:

#### Abiotische randvoorwaarden

- Zoutgehalte
- Waterdiepte

#### Abiotische variatie

- Droogvalduur (overspoelingsfrequentie voor schorren)
- Hydrodynamiek
- Morfodynamiek
- Sedimentsamenstelling

#### Kenmerkende soorten

- Macrozoobenthos
- Vissen / garnalen / krabben
- Vogels
- Zoogdieren
- Hogere planten

Het bepalen van habitattypen en invullen van de belangrijkste abiotische randvoorwaarden en bijbehorende kenmerkende soorten is gebaseerd op de indeling in ecotopen van zoute wateren (Bouma et al., 2005) en Natura 2000 habitattypen <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000>. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van Holzauer et al. 2011, Van den Bussche et al. 2002, Wortelboer 2010, De Levende Natuur 102, Peeters et al. 2012, Ysebaert 2000.

#### 4.1.1 Schorren

##### 4.1.1.1 Beschrijving en definitie

Het habitatype Schorren betreft de zoete, brakke en zoute buitendijkse begroeide delen boven de hoogwaterlijn (GHWD) in getijdewateren. Schorren ontstaan wanneer slikken zo hoog komen te liggen dat ze niet meer dagelijks overstroomd worden, waardoor periodiek minder dynamische omstandigheden heersen, en (permanente) plantengroei mogelijk wordt. Zodra het daarbij gaat om overblijvende hogere plantensoorten, die "actief" bijdragen tot de aanslibbing van bodemmateriaal, worden ze "schorren" genoemd. Praktisch worden schorren meestal gedefinieerd als die intertidale gebieden die in meer of mindere mate begroeid zijn met hogere (overblijvende) planten.

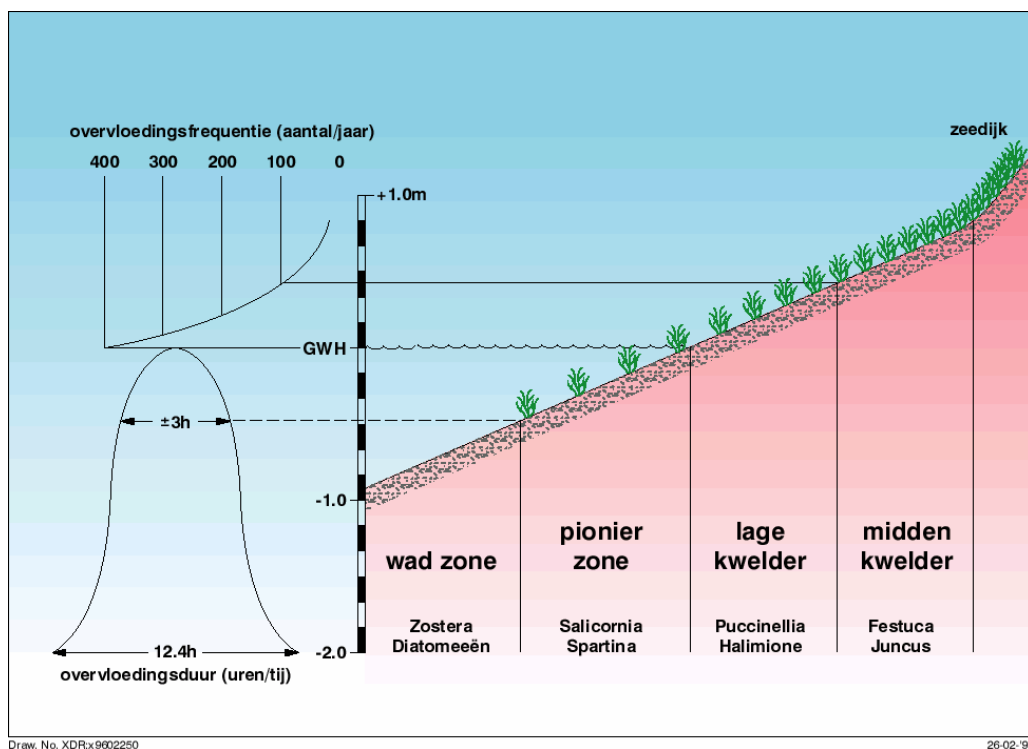
Schorren vinden we wereldwijd in ondiepe kustvlakten, langs oevers van zeearmen of in estuaria, waar de hydrodynamiek van dien aard is dat voornamelijk de fijnere deeltjes (fijn zand-, leem- en kleifraction) sedimenteren.

#### 4.1.1.2 Abiotische randvoorwaarden

De eerste grote differentiatie binnen de schorren is gebaseerd op het zoutgehalte van het water; dit geeft zoutwaterschorren, brakwaterschorren en zoetwaterschorren (Tabel 3). Het zoutgehalte heeft een ingrijpende invloed op de samenstelling van flora en bodem- en waterbewonende fauna. Iedere soort is fysiologisch beperkt tot een bepaalde range in zoutgehalte, die bij sommige soorten veel nauwer is dan bij andere. Met de zoutgradiënt hangen een aantal andere fysische en chemische gradiënten samen (zoals zuurstof en nutriënten), die op hun beurt mee de biologische processen, zoals de primaire productie sturen.

Er zijn slechts weinig plantensoorten die zowel in zoute, brakke als zoete milieus kunnen gedijen. Riet, Spiesmelde en Heen vormen hierop de enige uitzonderingen. Ook Fioringras en Rood zwenkgras kunnen in zoet tot zout milieu voorkomen, maar het betreft dan wel verschillende ondersoorten.

De belangrijkste ecologische factoren die de aanwezigheid van flora en de successie op schorren bepalen zijn zoutgehalte, overstromingsdynamiek (frequentie, -duur en -hoogte, Figuur 10), sediment input, bodemtextuur en de daaraan gekoppelde zuurstofhuishouding, verzanding, stikstofgehalte in de bodem en huidig en historisch beheer.



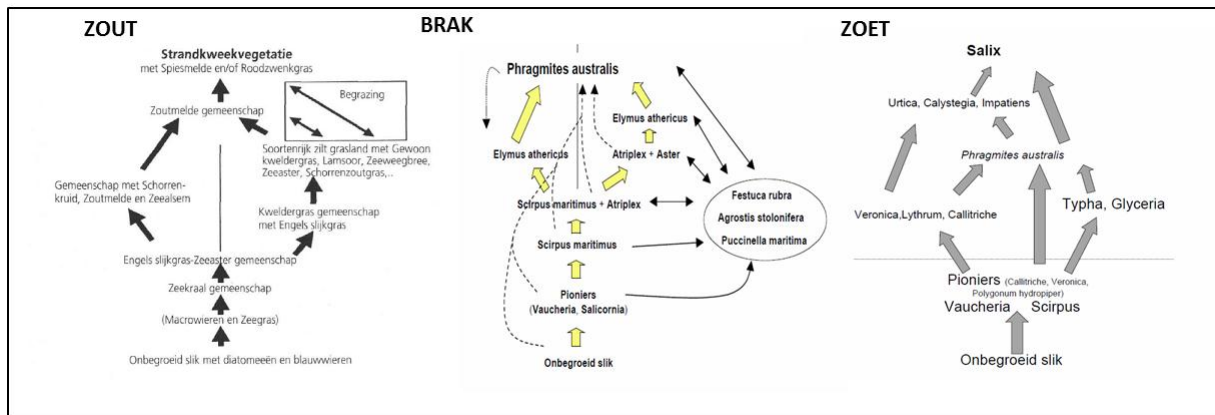
Figuur 10: Vegetatie zones van schorren (kwelders) in relatie tot hoogteligging en inundatieduur (Erchinger 1985).

De relatieve hoogteligging ten opzichte van de verschillende getij kenmerkende overstromingslijnen is sterk afhankelijk van de lokale troebelheid en de stroomsnelheid. Zo kunnen schorren in sommige streken reeds optreden ver beneden de gemiddelde hoogwaterlijn. Langs de Zeeschelde met in het algemeen zeer troebel water, komen pas hogere planten voor vanaf de hoogtelijn die min of meer overeenkomt met het gemiddeld hoog water (en dus met een overstromingsfrequentie van gemiddeld 50 % van de hoogwaters) (Vandenbussche, T'Jollyn et al. 2002).

#### 4.1.1.3 Vegetatietypen en successiestadia, kenmerkende soorten

Zonatie is een zeer belangrijk en opvallend kenmerk van natuurlijke schorvegetaties (Beeftink 1965) en geeft in estuariene schorren een goed beeld van de successie in de tijd. Alle typen kennen verschillende successiestadia zoals aangegeven in (Figuur 11). De benedengrens wordt aangegeven door een kaal oppervlak van het type slikken en platen. Algemeen kan gesteld worden dat het kaal slik wordt ingenomen door pionier vegetaties en dat deze opgevolgd worden door ruigere vegetaties en zich uiteindelijk de climaxvegetatie vormt van strandkweek gemeenschappen (zout), rietvelden (brak) of wilgenvloedbossen (zoet).

Tabel 3 geeft een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.



Figuur 11: Successie patronen van zoute, brakke en zoetwater schorren (Vandenbussche, T'Jollyn et al. 2002).

Tabel 3. Abiotische en biotische kenmerken van het habitat 'schorren'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langs de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet schor	Brak schor	Zout schor
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte	GHWD – GHWS	GHWD – GHWS	GHWD – GHWS
<b>Abiotische variatie</b>			
Droogvalduur (uitgedrukt in overspoelings Frequentie)	GHWD - > 300 keer per jaar (pionierschor) 300-150 x per jaar (laag schor) 150-50 x per jaar (middelhoog schor) 50-5 x per jaar (hoog schor)	GHWD - > 300 keer per jaar (pionierschor) 300-150 x per jaar (laag schor) 150-50 x per jaar (middelhoog schor) 50-5 x per jaar (hoog schor)	GHWD - > 300 keer per jaar (pionierschor) 300-150 x per jaar (laag schor) 150-50 x per jaar (middelhoog schor) 50-5 x per jaar (hoog schor)
Hydrodynamiek	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch)	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch)	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch)
Morfodynamiek	Laagdynamisch	Laagdynamisch	Laagdynamisch
Sedimentsamenstelling	Zand Slib Klei	Zand Slib Klei	Zand Slib Klei
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Perforatella rubiginosa</i> <i>Potamopyrgus antipodarum</i> (Jenkin's waterhoren) <i>Pisidium</i> spp. (erwtmossel) <i>Balea biplicata</i> (Grote Spoelhoren) <i>Hypomma fulvum</i> <i>Oniscus asellus</i>	<i>Corophium volutator</i> (Slijkarnaal) <i>Nereis diversicolor</i> (Zeeduizendpoot) <i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje) <i>Assiminea grayana</i> (Gray's kustslak) <i>Myosotella myositis</i> (Muizenootje) <i>Bembidion maritimum</i> <i>Baryphyma duffeyi</i> (Klokspinnetje)	<i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje) <i>Assiminea grayana</i> (Gray's kustslak) <i>Orchestia gammarellus</i> <i>Alderia modesta</i> <i>Bembidion normannum</i> <i>Pardosa purbeckensis</i>
Vissen / garnalen / krabben	<i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Rutilus rutilus</i> (Blankvoorn) <i>Carassius gibelio</i> (Gibel) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Abramis brama</i> (Brasem) <i>Blicca bjoerkna</i> (Kolblei)	<i>Pomatoschistus microps</i> (Brakwatergrondel) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Lisa ramada</i> (Dunlipharder) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Carcinus maenas</i> (Strandkrab)	<i>Pleuronectus platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Lisa ramada</i> (Dunlipharder) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Carcinus maenas</i> (Strandkrab)
(Broed)vogels	<i>Acrocephalus palustris</i> (Bosrietzanger) <i>Acrocephalus scirpaceus</i> (Kleine Karekiet) <i>Locustella luscinioides</i> (Snor) <i>Emberiza schoeniclus</i> (Rietgors) <i>Luscinia svecica</i> (Blauwborst) <i>Remiz pendulinus</i> (Buidelmees) <i>Sylvia atricapilla</i> (Zwartkop) <i>Turdus merula</i> (Merel) <i>Rallus aquaticus</i> (Wateral) <i>Botaurus stellaris</i> (Roerdomp)	<i>Anser anser</i> (Grauwe Gans) <i>Tadorna tadorna</i> (Bergeend) <i>Circus aeruginosus</i> (Bruine Kiekendief) <i>Tringa totanus</i> (Tureluur) <i>Recurvirostra avocetta</i> (Kluut) <i>Larus argentatus</i> (Zilvermeeuw) <i>Anthus pratensis</i> (Graspieper) <i>Luscinia svecica</i> (Blauwborst) <i>Panurus biarmicus</i> (Baardmannetje) <i>Emberiza schoeniclus</i> (Rietgors)	<i>Charadrius hiaticula</i> (Bontbekplevier) <i>Charadrius alexandrinus</i> (Strandplevier) <i>Tringa totanus</i> (Tureluur) <i>Haematopus ostralegus</i> (Scholekster) <i>Larus ridibundus</i> (Kokmeeuw) <i>Larus argentatus</i> (Zilvermeeuw) <i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Sterna sandvicensis</i> (Grote Stern) <i>Sterna albifrons</i> (Dwergstern) <i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Anas acuta</i> (Pijlstaart)
Vogels (niet-broed)	<i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Anas acuta</i> (Pijlstaart)	<i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Anas acuta</i> (Pijlstaart) <i>Platalea leucorodia</i> (Lepelaar)	<i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Anas acuta</i> (Pijlstaart)
Zoogdieren	<i>Castor fiber</i> (Bever) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)	<i>Lepus europaeus</i> (Haas) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)	<i>Lepus europaeus</i> (Haas) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)
Hogere planten	<i>Schoenoplectus triqueter</i> (Driekantige bies) <i>Polygonum hydropiper</i> (Waterpeper) <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Urtica dioica</i> (Grote Brandnetel) <i>Cardamine amara</i> (Bittere veldkers) <i>Caltha palustris subsp. araneosa</i> (Spindotterbloem) <i>Leucojum aestivum</i> (Zomerklokje) <i>Typha latifolia</i> (Grote lisdodde) <i>Salix</i> spp. (Wilg)	<i>Salicornia</i> sp; (Zeekraal) <i>Scirpus maritimus</i> (Zeebies) <i>Spartina anglica</i> (Engels Slijkgras) <i>Halimione portulacoides</i> (Gewone zoutmelde) <i>Puccinellia maritima</i> (Gewoon kweldergras) <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Althaea officinalis</i> (Heemst) <i>Cochlearia officinalis subsp. officinalis</i> (Echt Lepelblad) <i>Oenanthe lachenalii</i> (Zilt Torkruid) <i>Aster tripolium</i> (Zeeaster) <i>Elymus athericus</i> (Strandkweek)	<i>Salicornia</i> sp; (Zeekraal) <i>Spartina anglica</i> (Engels Slijkgras) <i>Artemisia maritima</i> (Zeealsem) <i>Atriplex portulacoides</i> (Gewone Zoutmelde) <i>Limonium vulgare</i> (Lamsoor) <i>Aster tripolium</i> (Zeeaster) <i>Triglochin maritimum</i> (Schorrezoutgras) <i>Festuca rubra</i> (Rood Zwenkgras) <i>Elymus athericus</i> (Strandkweek)



#### 4.1.2 Slikken en platen

##### 4.1.2.1 Beschrijving en definitie

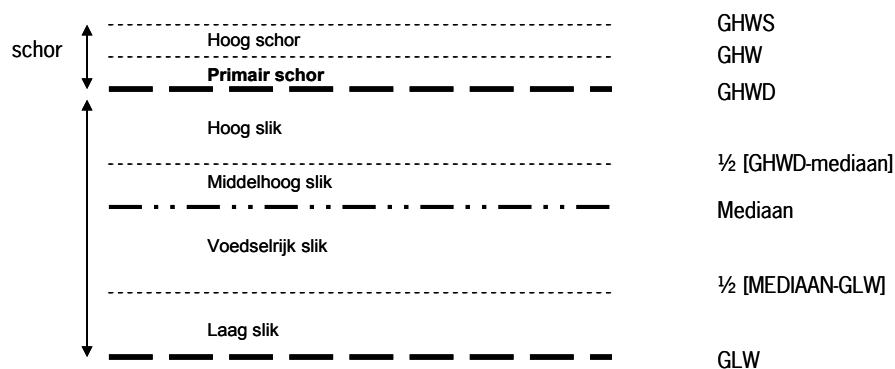
Slikken en platen maken deel uit van de intertidale zone of intergetijdenzone, de zone in het estuarium die regelmatig droog komt te liggen: bij vloed overstroomt ze met water en bij eb vallen ze droog. Slikken en platen zijn opgebouwd uit een (in samenstelling wisselend) mengsel van klei, slib en zand en bieden een leefgebied voor heel wat dieren en planten. Platen zijn net als slikken delen tussen de laag- en hoogwaterlijn, maar ze zijn volledig omgeven door water. Het meergeulensysteem, zoals we in de Westerschelde aantreffen, wordt gekenmerkt door een stelsel van meerdere geulen met geleidelijke overgangen naar de intergetijdegebieden (platen en slikken).

Slikken en platen worden gekenmerkt door het nagenoeg ontbreken van hogere planten, tenzij enkele therofyten, dit in tegenstelling tot de schorren. Het zijn desalniettemin hoogproductieve systemen en ze kennen een zeer rijk bodemdieren en -bodemplantenleven (het zogenaamde benthos). Slikken en platen hebben naast de functie als leefgebied van bodemdieren en -planten nog andere functies, zoals rust-, rust- en foerageergebied voor vogels, foerageergebied voor (jonge) vis en hyperbenthos (oa. kinderkamerfunctie) en rust- en zoogplaats voor zeezoogdieren.

##### 4.1.2.2 Abiotische randvoorwaarden

Het voorkomen van zand- en slikplaten is gerelateerd aan een reeks processen zoals getij-asymmetrie tussen eb- en vloedstromen, sedimenttransport en beschikbaarheid van slib en zand. Gedifferentieerd materiaaltransport, samenhangend met de stroomsnelheid en erosie en sedimentatie, leidt tot een gedifferentieerde toestand van de bodem, met name verschillende slib- en zandgehalten en een niveauverschil (hoogteverschil) van de bodem.

Een van de sturende variabelen voor het voorkomen van bodemleven (het benthos) in estuaria is de getijbeweging (Tabel 4). De getijbeweging bepaalt niet alleen de droogvalduur (Figuur 12), maar ook de lokale stroomsnelheden. Stroomsnelheden beïnvloeden de morfologische ontwikkeling (sedimentatie- en erosieprocessen) op verschillende tijd- en ruimteschalen, maar beïnvloeden ook rechtstreeks de leefomstandigheden voor soorten. Omdat stroomsnelheden in getijdengebieden nooit constant zijn en in de ruimte sterk kunnen variëren, ontstaan gradiënten en een mozaïek aan habitats.

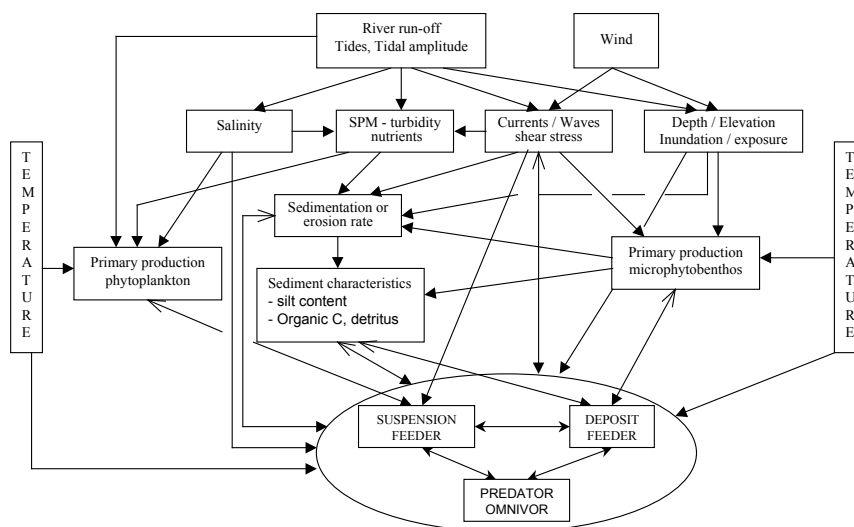


Figuur 12: Een overzicht van de positieve van intergetijden habitattypen ten opzichte van GLW=Gemiddeld Laag Water, GHL= Gemiddeld Hoog Water, GHWD= Gemiddeld Hoog Water bij Doodtij, GHWS=Gemiddeld Hoog Water bij Springtij (Soresma 2009).

Op grond van aan- of afwezigheid van bodemvormen (morfologie), sedimentsamenstelling en een koppeling met optredende stroomsnelheden, kan een onderscheid gemaakt worden tussen hoog- en laagdynamische habitats of ecotopen (Tabel 4). Hoogdynamische habitats kenmerken zich door relatief hoge stroomsnelheden, vaak duidelijk zichtbare bodemvormen (megaribbels en duinen) en een (instabiele) bodem die vooral uit relatief grof zand bestaat. Het bodemleven in hoogdynamische gebieden is meestal gering. In laagdynamische habitats stroomt het water met beperkte stroomsnelheden. De laagdynamische habitats zijn relatief vlak en bieden de mogelijkheid om fijn sediment af te zetten, inclusief slib. De omwoeling van de bodem door fysische processen is beperkt. Laagdynamische habitats vormen een aantrekkelijke habitat voor het bodemleven (bodemdieren en algen). Het bodemleven vormt dan weer een belangrijke voedselbron voor allerlei soorten vogels en vissen. In het onderscheid tussen hoog- en laagdynamische habitats zit dus een biologisch waardeoordeel vervat. Beide habitats komen van nature in een bepaalde verhouding voor in een estuarium.

#### 4.1.2.3 Leefgemeenschappen

Het voorkomen van leefgemeenschappen op slikken en platen wordt bepaald door een groot aantal abiotische parameters. Figuur 13 geeft een overzicht van de parameters die het voorkomen van bodemdieren (het macrobenthos) in een estuarium kunnen bepalen.



*Figuur 13: Een schematische voorstelling van de belangrijkste (a)biotische parameters die het voorkomen van het macrobenthos (onderverdeeld in suspension feeders, deposit feeders en predator/omnivoor) in een estuarium bepalen. Uit: Ysebaert (2000).*

De soortensamenstelling en -diversiteit in een estuarium variëren sterk langsheen de horizontale (longitudinale zoutgradiënt) en verticale gradiënt (overspoelingsduur of droogvalduur) (Tabel 4). De samenstelling en de verspreiding van benthossoorten- en gemeenschappen wordt bepaald door het zoutgehalte (Boesch 1977; Wolff 1983; Holland, Shaughnessy et al. 1987), het getijregime (immersie/emersie) (Reise 1985) en getijdynamiek (stroomsnelheden), het sediment (o.a. Gray 1974), de temperatuur, het zuurstofgehalte, en ook de nutriënten en voedselvoorziening, zowel kwantitatief als kwalitatief (Pearson and Rosenberg 1978; Dauwe, Herman et al. 1998; Herman, Middelburg et al. 1999). Er bestaan geen soorten bodemdieren die van volledig zoet tot volledig zout kunnen voorkomen, al verschilt de voorkeur tussen de soorten van zeer nauw naar ruim. Vele estuariene soorten hebben een zeer brede tolerantie voor zoutgehalte. Rond het oligohaliene-mesohaliene gebied vinden we een minimum aantal soorten omwille van de grote (seizoenale) variatie in zoutgehalte en daarmee gepaard gaande grote saliniteitstress. Algemeen kan men stellen dat het aantal waargenomen soorten en de biomassa afneemt met afname van het zoutgehalte (= naar de oligohaliene zone toe), wat min of meer als een natuurlijke gradiënt te beschouwen is.

Tabel 4 geeft een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.

Tabel 4. Abiotische kenmerken van het habitat 'slikken en platen'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet slik/zandplaat	Brak slik/zandplaat	Zout slik/zandplaat
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte	GWLS – GHWD	GWLS– GHWD	GWLS – GHWD
<b>Abiotische variatie</b>			
Droogvalduur	1 – 25 % (laag litoraal) 25 – 75 % (midden litoraal) >75 % (hoog litoraal )	1 – 25 % (laag litoraal) 25 – 75 % (midden litoraal) >75 % (hoog litoraal )	1 – 25 % (laag litoraal) 25 – 75 % (midden litoraal) >75 % (hoog litoraal )
Hydrodynamiek	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)
Morfodynamiek	Laagdynamisch Hoogdynamisch	Laagdynamisch Hoogdynamisch	Laagdynamisch Hoogdynamisch
Sedimentsamenstelling	Zandig (slibarm) Slibrijk	Zandig (slibarm) Slibrijk	Zandig (slibarm) Slibrijk
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Nais pardalis</i> <i>Tubificidae</i> <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Chironomus</i> spp. <i>Glyptotendipes</i> spp. <i>Potamopyrgus antipodarum</i> <i>Pisidium</i> spp. <i>Helobdella</i> sp.	<i>Heteromastus filiformis</i> (Draadworm) <i>Nereis diversicolor</i> (Zeeduizendpoot) <i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje) <i>Corophium volutator</i> (Slijkgarnaal) <i>Bathyporeia pilosa</i> (Kniksprietkreeftje) <i>Gammarus duebeni</i> (vlokreeft) <i>Paranais litoralis</i> <i>Rhithropanopeus harrisi</i> (Zuiderzeekrabbetje) <i>Manayunkia aestuarina</i>	<i>Cerastoderma edule</i> (Kokkel) <i>Macoma balthica</i> (Nonnetje) <i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje) <i>Arenicola marina</i> (Wadpier) <i>Scoloplos armiger</i> (Wapenworm) <i>Pygospio elegans</i> (Zandkokerworm) <i>Nephtys hombergii</i> (Zandzager) <i>Lanice conchilega</i> (Schelpkokerworm) Mossel(banken) ( <i>Mytilus edulis</i> ) Oester(riffen) ( <i>Crassostrea gigas</i> )
Vissen / garnalen / krabben	<i>Osmerus eperlanus</i> (Spiering) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Gasterosteus culeatus</i> (Driedoornige stekelbaars) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Lampetra fluviatilis</i> (Rivierprik) <i>Petromyzon marinus</i> (Zeeprik) <i>Eriocheir sinensis</i> (Chinese wolhandkrab) <i>Abramis brama</i> (Brasem) <i>Blicca bjoerkna</i> (Kolblei)	<i>Pomatoschistus microps</i> (Brakwatergrondel) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Osmerus eperlanus</i> (Spiering) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Syngnathus rostellatus</i> (Kleine Zeenaald) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Palaemon longirostris</i> (Steurgarnaal) <i>Eriocheir sinensis</i> (Chinese wolhandkrab)	<i>Pleuronectes platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Lisa ramada</i> (Dunlipharder) <i>Mugil labrosus</i> (Diklipharder) <i>Engraulis encrasicolus</i> (Ansjovis) <i>Zoarces viviparus</i> (Puitaal) Garnaal ( <i>Crangon crangon</i> ) Strandkrab ( <i>Carcinus maenas</i> )
Vogels	<i>Anas crecca</i> (Wintertaling) <i>Anas platyrhynchos</i> (Wilde Eend) <i>Anas strepera</i> (Krakeend) <i>Aythya ferina</i> (Tafeleend) <i>Actitis hypoleucos</i> (Oeverloper) <i>Calidris alpina</i> (Bonte strandloper) <i>Fulica atra</i> (Meerkoet) <i>Gallinula chloropus</i> (Waterhoen) <i>Ardea cinerea</i> (Blauwe reiger)	<i>Tadorna tadorna</i> (Bergeend) <i>Anser anser</i> (Grauwe Gans) <i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Calidris alpina</i> (Bonte strandloper) <i>Tringa tetanus</i> (Tureluur) <i>Recurvirostra avosetta</i> (Kluut) <i>Platalea leucorodia</i> (Lepelaar)	<i>Haematopus ostralegus</i> (Scholekster) <i>Numenius arquatus</i> (Wulp) <i>Calidris alpina</i> (Bonte strandloper) <i>Calidris canutus</i> (Kanoet) <i>Limosa lapponica</i> (Rosse Grutto) <i>Pluvialis squatarola</i> (Zilverplevier) <i>Branta bernicla</i> (Rotgans) <i>Tadorna tadorna</i> (Bergeend) <i>Somateria mollissima</i> (Eidereend)
Zoogdieren		<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond)	<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond)
Hogere planten			<i>Zostera noltii</i> (Klein zeegras) <i>Zostera marina</i> (Groot zeegras) <i>Ruppia maritima</i> (Snavelruppia)

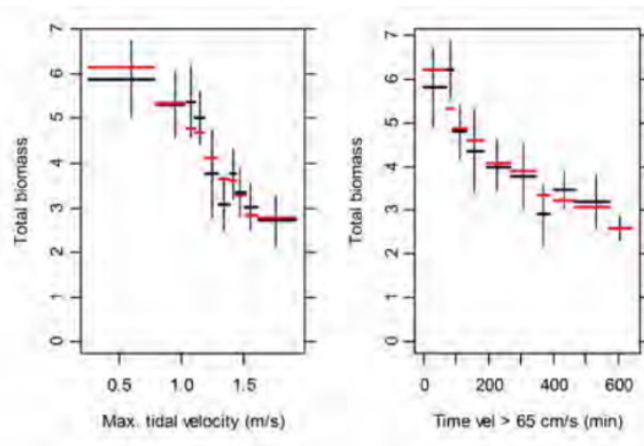
### 4.1.3 Ondiep getijdenwater

#### 4.1.3.1 Beschrijving en definitie

Vanuit de ecologie worden als onderdeel van de geulen de zones met ondiep water onderscheiden: het deel van de bodem tussen -5m en -2m t.o.v. de gemiddelde laagwaterlijn. Ondiepwatergebieden worden verondersteld gebieden te zijn met een grote potentiële natuurwaarde, vooral als kinderkamer en opgroeigebied van vissen en kreeftachtigen.

#### 4.1.3.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen

Net als bij de slikken en platen bepaalt ook hier de getijbeweging, en met name de heersende stroomsnelheden, het voorkomen van het bodemleven (Tabel 5). De maximale stroomsnelheid op een locatie, bepaald aan de hand van een hydrodynamisch model, is een van de variabelen die het voorkomen (diversiteit, dichtheid, biomassa) van bodemdieren het best verklaart, naast het zoutgehalte. Zo toont een gedetailleerde studie in het ondiep subtidaal rondom de Plaat van Walsoorden een duidelijke afname in de totale biomassa bodemdieren met toenemende stroomsnelheid (Figuur 14).



*Figuur 14: Responscurven van de totale biomassa (mg AFDW.core-1, ln+1 getransformeerd) als functie van maximale stroomsnelheid (links) en tijdsduur met stroomsnelheid > 65 cm.s-1 gedurende een getijcyclus (rechts). Gegevens afkomstig van het subtidaal rond de Plaat van Walsoorden. Uit: Ysebaert et al. 2009*

De soortensamenstelling en -diversiteit in de ondiepwatergebieden variëren verder sterk over de horizontale gradiënt (longitudinale zoutgradiënt). Tabel 5 geeft een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.

Tabel 5. Abiotische kenmerken van het habitat 'ondiep getijdenwater'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet ondiep getijdenwater	Brak ondiep getijdenwater	Zout ondiep getijdenwater
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte	-5m - GLWS	-5m - GLWS	-5m - GLWS
<b>Abiotische variatie</b>			
Droogvalduur	0%	0%	0%
Hydrodynamiek	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)
Morfodynamiek	Laagdynamisch Hoogdynamisch	Laagdynamisch Hoogdynamisch	Laagdynamisch Hoogdynamisch
Sedimentsamenstelling	Zandig (grof tot fijnzandig) Slibrijk	Zandig (grof tot fijnzandig) Slibrijk	Zandig (grof tot fijnzandig) Slibrijk
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Tubificidae</i> <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Chironomus</i> spp. <i>Helobdella</i> sp. <i>Dreissena polymorpha</i> <i>Valvata piscinalis</i> <i>Pisidium</i> sp. <i>Corbicula fluminea</i>	<i>Nephtys cirrosa</i> (Zandzager) <i>Heteromastus filiformis</i> (Draadworm) <i>Polydora</i> sp. <i>Gammarus duebeni</i> (vlokreeft) <i>Bathyporeia pilosa</i> (Kniksprietkreeftje) <i>Haustorius arenarius</i> (Zandvlokreeft) <i>Eurydice pulchra</i> (Agaatpissebed) <i>Corophium multisetosum</i> (Slijkgarnaal)	<i>Nephtys cirrosa</i> (Zandzager) <i>Ophelia borealis</i> <i>Spio</i> sp. <i>Lanice conchilega</i> (Schelpkokerworm) <i>Bathyporeia pilosa</i> (Kniksprietkreeftje) <i>Haustorius arenarius</i> (Zandvlokreeft) <i>Eurydice pulchra</i> (Agaatpissebed) <i>Ensis directus</i> (Amerikaanse Zwaardschede)
Vissen / garnalen / krabben	<i>Osmerus eperlanus</i> (Spiering) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Gasterosteus culeatus</i> (Driedoornige stekelbaars) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Lampetra fluviatilis</i> (Rivierprik) <i>Petromyzon marinus</i> (Zeeprik) <i>Perca fluviatilis</i> (Baars) <i>Abramis brama</i> (Brasem) <i>Blicca bjoerkna</i> (Kolblei)	<i>Pomatoschistus microps</i> (Brakwatergrondel) <i>Pomatoschistus minutus</i> (Dikkopje) <i>Clupea harengus</i> (Haring) <i>Anguilla 29nguilla</i> (Aal) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Syngnathus rostellatus</i> (Kleine Zeenaald) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Palaemon longirostris</i> (Steurgarnaal)	<i>Pleuronectes platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Lisa ramada</i> (Dunlipharder) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Carcinus maenas</i> (Strandkrab) <i>Clupea harengus</i> (Haring) <i>Liparis liparis</i> (Slakdolf) <i>Engraulis encrasicolus</i> (Ansjovis) <i>Myoxocephalus scorpius</i> (Zeedonderpad) <i>Belone belone</i> (Geep) <i>Scomber scombrus</i> (Makreel)
Vogels	<i>Anas strepera</i> (Krakeend) <i>Aythya ferina</i> (Tafeleend) <i>Fulica atra</i> (Meerkoet) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver)	<i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut)	<i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Sterna sandvicensis</i> (Grote Stern) <i>Sterna albifrons</i> (Dwergstern) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Bucephala clangula</i> (Brilduiker) <i>Somateria mollissima</i> (Eidereend)
Zoogdieren		<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond)	<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond)
Hogere planten			<i>Zostera marina</i> (Groot zeegras)

#### 4.1.4 Diep getijdenwater

##### 4.1.4.1 Beschrijving en definitie

De geulen zijn de diepere delen in estuaria (meer dan 5 meter dieper dan GLWS). Ze vormen een belangrijk onderdeel van het morfologische systeem van estuaria.

##### 4.1.4.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen

Geulen worden van nature gekenmerkt door een grote dynamiek. Het bodemleven is dan ook eerder beperkt. Geulen fungeren wel als belangrijke transportroute voor allerlei organismen (o.a. transport van larven) en een migratieroute voor verschillende vissoorten.

Tabel 6 geeft een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.

Tabel 6. Abiotische kenmerken van het habitat 'diep getijdenwater'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet diep getijdewater	Brak diep getijdewater	Zout diep getijdewater
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte	> -5m GLW	> -5m GLW	> -5m GLW
<b>Abiotische variatie</b>			
Droogvalduur	0%	0%	0%
Hydrodynamiek	<0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)	0.8 m.s <sup>-1</sup> (laag dynamisch) >0.8 m.s <sup>-1</sup> (hoog dynamisch)
Morfodynamiek	Hoogdynamisch laagdynamisch	Hoogdynamisch	Hoogdynamisch
Sedimentsamenstelling	Zandig (grof tot fijnzandig) Slibrijk	Zandig (grof tot fijnzandig)	Zandig (grof tot fijnzandig)
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Tubificidae</i> <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Chironomus</i> spp. <i>Helobdella</i> sp. <i>Dreissena polymorpha</i> <i>Valvata piscinalis</i> <i>Pisidium</i> sp.	<i>Nephtys cirrosa</i> (Zandzager) <i>Heteromastus filiformis</i> (Draadworm) <i>Bathyporeia pilosa</i> (Kniksprietkreeftje) <i>Haustorius arenarius</i> (Zandvlokreeft) <i>Eurydice pulchra</i> (Agaatpissebed) <i>Corophium multisetosum</i> (Slijkgarnaal) <i>Macoma balthica</i> (Nonnetje) <i>Ensis directus</i> (Amerikaanse Zwaardschede)	<i>Nephtys cirrosa</i> (Zandzager) <i>Bathyporeia elegans</i> (Kniksprietkreeftje) <i>Haustorius arenarius</i> (Zandvlokreeft) <i>Ensis directus</i> (Amer. Zwaardschede) <i>Tellina fabula</i> (Platschelp) <i>Macoma balthica</i> (Nonnetje) <i>Echinocardium cordatum</i> (Hartschelp) <i>Spisula subtruncata</i> (Halfgeknotte strandschelp)
Vissen / garnalen / krabben	<i>Osmerus eperlanus</i> (Spiering) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Lampetra fluviatilis</i> (Rivierprik) <i>Petromyzon marinus</i> (Zeeprik) <i>Perca fluviatilis</i> (Baars) <i>Abramis brama</i> (Brasem) <i>Blicca bjoerkna</i> (Kolblei)	<i>Pomatoschistus microps</i> (Brakwatergrondel) <i>Pomatoschistus minutus</i> (Dikkopje) <i>Clupea harengus</i> (Haring) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Alosa fallax</i> (Fint) <i>Syngnathus rostellatus</i> (Kleine Zeenaald) <i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Palaemon longirostris</i> (Steurgarnaal)	<i>Pleuronectes platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Dicentrarchus labrax</i> (Zeebaars) <i>Lisa ramada</i> (Dunlipharder) Strandkrab ( <i>Carcinus maenas</i> ) <i>Clupea harengus</i> (Haring) <i>Myoxocephalus scorpius</i> (Zeedonderpad) <i>Pholis gunnellus</i> (Botervis) <i>Gadus morhua</i> Kabeljauw <i>Merlangius merlangus</i> (Wijting) <i>Trisopterus luscus</i> (Steenbolck)
Vogels	<i>Fulica atra</i> (Meerkoet) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver)	<i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut)	<i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Sterna sandvicensis</i> (Grote Stern) <i>Sterna albifrons</i> (Dwergstern) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Mergus serrator</i> (Middelste Zaagbek)
Zeezoogdieren		<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond) <i>Phocoena phocoena</i> (Bruinvis)	<i>Phoca vitulina</i> (Zeehond) <i>Phocoena phocoena</i> (Bruinvis)
Hogere planten			

## 4.2 Habitats stagnante wateren

Onder stagnante wateren vallen o.a. de meren, plassen, kanalen en afgedamde wateren. Deze wateren worden gekenmerkt door geringe dynamiek (laag tot midden dynamisch) ten opzichte van getijden wateren. Er bestaat een grote variatie van stagnante wateren afhankelijk van factoren als zoutgehalte, lichtpenetratie, nutriënten, hydrodynamiek en bodemsamenstelling. Deze variatie bepaalt het voorkomen van verschillende habitats.

De meest kenmerkende habitats voor stagnante wateren zijn: oeverzone, ondiep/matig diep stagnant water en diep/zeer diep stagnant water. Hierop volgend wordt van elk van deze habitattypen een beschrijving gegeven. Hierbij wordt invulling gegeven aan de onderstaande indeling per habitat:

### Abiotische randvoorwaarden

- Zoutgehalte
- Waterdiepte

### Abiotische variatie

- Waterdiepte
- Hydrodynamiek
- Morfodynamiek
- Sedimentsamenstelling

### Kenmerkende soorten

- Macrozoobenthos
- Vissen / garnalen / krabben
- Vogels
- Zoogdieren
- Hogere planten

Het bepalen van habitattypen en invullen van de belangrijkste abiotische randvoorwaarden en bijbehorende kenmerkende soorten is gebaseerd op de indeling van het ecotopenstelsel (Van der Molen, 2000) en Natura 2000 habitattypen <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000>. Daarnaast is ook gebruik gemaakt van Van den Haterd (2010), Lengkeek et al. (2007), Strucker et al. (2005), Escaravage (2003) en Troost et al. (2012).

### 4.2.1 Oeverzone en ondiep/matig diep stagnant water

#### 4.2.1.1 Beschrijving en definitie

Oevers vormen de 'gouden rand' van stagnante wateren (meren en plassen). De ondiepe en droge oeverzone langs meren heeft een belangrijke betekenis voor het watersysteem: voor de waterkwaliteit, de landschappelijke waarde en de biodiversiteit. Meren verschillen sterk in waterdynamiek, voedselrijkdom, zoutgehalte, bodemsamenstelling en morfologie. Hierdoor bestaat er een grote verscheidenheid in plant- en diergroepen en structuur van de oevervegetatie (Tabel 7 en 8). De begrenzing van de oever is lastig aan te geven. Als definitie in het Handboek Natuurvriendelijke Oevers wordt aangegeven dat de oever loopt van het hoogste punt waar het water via overstrooming kan komen, tot aan de teen van het oevertalud. Ook wordt wel de definitie voor de litorale zone genomen, die de ondergrens bij de diepte legt, tot waar waterplanten kunnen groeien. Vanwege het belang van deze begroeide zone voor het ecologisch functioneren van meren, zal bij de inrichting vooral gestreefd worden naar een zo groot mogelijke oppervlakte begroeid gebied waarin wateruitwisseling met het open water plaatsvindt. Vooral overstrooming in het vroege voorjaar is essentieel.

#### 4.2.1.2 Abiotische randvoorwaarden

Het peilregime bepaalt het potentiële voorkomen van plantensoorten, vanwege verschillende eisen die soorten stellen aan hun milieu. Ondergedoken en drijvende waterplanten kunnen alleen groeien op plaatsen waar (gedurende het groeiseizoen) permanent een voldoende diepe waterkolom aanwezig is. Het doorzicht van de waterkolom bepaalt tot welke diepte waterplanten kunnen voorkomen. Vanuit het water het land op gaand worden deze soorten vervangen door steeds weer andere soorten die onder de gegeven omstandigheden sterkere concurrenten zijn om licht en nutriënten. Bij een vast peil groeit gewoonlijk in de zone van enkele meters uit de oeverlijn een soortenarme rietvegetatie, die op de waterlijn overgaat in soortenrijkere vegetatie gedomineerd door riet, terwijl op drogere plaatsen ruigteplanten of houtige planten gaan domineren. Deze zonerings kan worden beschouwd als een successiereeks van 'verlanding', die op lange termijn door aanvoer van sediment en ophoping van organisch materiaal leidt tot het verdwijnen van open water en de ontwikkeling van bos. Door overstroming, baggeren, begrazing, maaibeheer en dergelijke gebeurtenissen, wordt de successie echter steeds weer onderbroken en als het ware teruggezet naar een vroeger stadium. De diversiteit aan habitats blijft daardoor in een bepaalde mate continu bestaan.

Processen in de oeverzone hebben een belangrijke invloed op het ecologisch functioneren van stagnante watersystemen. Daarom kunnen maatregelen in oevers bijdragen aan het bereiken van de goede ecologische toestand van waterlichamen, zoals vereist wordt door de EU Kaderrichtlijn Water. De meest effectieve maatregelen zijn die, waarbij inrichting van oevers samengaat met (gedeeltelijk) herstel van de natuurlijke peilvariatie.

Tabel 7 en 8 geven een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.



Tabel 7. Abiotische kenmerken van het habitat 'oeverzone stagnant water'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welke type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet oeverzone	Brak oeverzone	Zout oeverzone
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	>-0.3m-0m	>-0.3m-0m	>-0.3m-0m
<b>Abiotische variatie</b>			
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	>-0.3m-0m	>-0.3m-0m	>-0.3m-0m
Hydrodynamiek (V <sub>lineair</sub> en V <sub>orbitaal</sub> )	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> :<0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> :<0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> :<0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>
Morfodynamiek	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch
Sedimentsamenstelling	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Valvata piscinalis</i> (Vijverpluimdrager) <i>Coenagrion pulchellum</i> (Variabele waterjuffer) <i>Dolomedes plantarius</i> (Grote oeverspin)	Oligochaeta <i>Nereis diversicolor</i> (Zeeduizendpoot) <i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje)	Oligochaeta <i>Peringia ulvae</i> (Wadslakje)
Vissen/garnalen/krabben	<i>Esox lucius</i> (Snoek) <i>Sander lucioperca</i> (Snoekbaars) <i>Tinca tinca</i> (Zeelt) <i>Cottus gobio</i> (Rivierdonderpad) <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Rietvoorn) <i>Gasterosteus aculeatus</i> (Driedoornige stekelbaars) <i>Pungitius pungitius</i> (Tiendoornige stekelbaars) <i>Alburnus alburnus</i> (Alver) <i>Rhodeus amarus</i> (Bittervoorn) <i>Cobitis taenia</i> (Kleine modderkruiper)	<i>Esox lucius</i> (Snoek) <i>Gasterosteus aculeatus</i> (driedoornige stekelbaars) <i>Sprattus sprattus</i> (Sprot) <i>Gobius niger</i> (Zwarte grondel) <i>Pomatoschistus minutus</i> (Dikkopje)	<i>Crangon crangon</i> (Garnaal) <i>Carcinus maenas</i> (Strandkrab)
(Broed)vogels	<i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Grote karekiet)	<i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Larus ridibundus</i> (Kokmeeuw) <i>Recurvirostra avosetta</i> (Kluut) <i>Emberiza schoeniclus</i> (Rietgors) <i>Luscinia svecica</i> (Blauwborst) <i>Acrocephalus palustris</i> (Bosrietzanger) <i>Ardea cinerea</i> (Blauwe Reiger) <i>Cygnus columbianus</i> (Kleine zwaan) <i>Branta leucopsis</i> (Brandgans) <i>Fulica atra</i> (Meerkoet) <i>Anser brachyrhynchus</i> (Kleine rietgans) <i>Anas crecca</i> (Wintertaling) <i>Anas penelope</i> (Smient)	<i>Charadrius alexandrinus</i> (Strandplevier) <i>Recurvirostra avosetta</i> (Kluut) <i>Charadrius hiaticula</i> (Bontbekplevier) <i>Sterna hirundo</i> (Visdief) <i>Sterna sandvicensis</i> (Grote Stern) <i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Branta leucopsis</i> (Brandgans) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Branta bernicla</i> (Rotgans)
Vogels (niet-broed)			
Zoogdieren	<i>Lutra lutra</i> (Otter) <i>Castor fiber</i> (Bever) <i>Myotis dasycneme</i> (Meervleermuis) <i>Myotis daubentonii</i> (Watervleermuis) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)	<i>Lepus europaeus</i> (Haas) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)	<i>Lepus europaeus</i> (Haas) <i>Microtus oeconomus</i> (Noordse Woelmuis)
Hogere planten	<i>Schoenoplectus triquetus</i> (Driekantige bies) <i>Polygonum hydropiper</i> (Waterpeper) <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Urtica dioica</i> (Grote Brandnetel) <i>Cardamine amara</i> (Bittere veldkers) <i>Caltha palustris subsp. araneosa</i> (Spindotterbloem) <i>Leucojum aestivum</i> (Zomerkllokje) <i>Typha latifolia</i> (Grote lisdodde) <i>Salix spp.</i> (Wilg)	<i>Salicornia sp.</i> ; (Zeekraal) <i>Scirpus maritimus</i> (Zeebies) <i>Spartina anglica</i> (Engels Slijkgras) <i>Halimione portulacoides</i> (Gewone zoutmelde) <i>Puccinellia maritima</i> (Gewoon kweldergras) <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Althaea officinalis</i> (Heemst) <i>Cochlearia officinalis subsp. officinalis</i> (Echt Lepelblad) <i>Oenanthe lachenalii</i> (Zilt Torkruid) <i>Aster tripolium</i> (Zeeaster) <i>Elymus athericus</i> (Strandkweek)	<i>Salicornia sp.</i> ; (Zeekraal) <i>Glaux maritima</i> (Melkkruid) <i>Puccinellia maritima</i> (Kweldergras) <i>Juncus gerardii</i> (Zilte rus)

Tabel 8. Abiotische kenmerken van het habitat 'ondiep/matig diep stagnant water'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet ondiep/matig diep	Brak ondiep/matig diep	Zout ondiep/matig diep
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	-0.3 - 3 m	-0.3 - 3 m	-0.3 - 3 m
<b>Abiotische variatie</b>			
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	$V_{\text{lineair}} : <0.8 \text{ m.s}^{-1}$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2 \text{ m.s}^{-1}, 0.2-0.4 \text{ m.s}^{-1}$	$V_{\text{lineair}} : <0.8 \text{ m.s}^{-1}$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2 \text{ m.s}^{-1}, 0.2-0.4 \text{ m.s}^{-1}$	$V_{\text{lineair}} : <0.8 \text{ m.s}^{-1}$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2 \text{ m.s}^{-1}, 0.2-0.4 \text{ m.s}^{-1}$
Hydrodynamiek ( $V_{\text{lineair}}$ en $V_{\text{orbitaal}}$ )	$V_{\text{lineair}} : <0.5-1.0$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2-0.4$	$V_{\text{lineair}} : <0.5-1.0$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2-0.4$	$V_{\text{lineair}} : <0.5-1.0$ $V_{\text{orbitaal}} : <0.2-0.4$
Morfodynamiek	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch
Sedimentsamenstelling	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Dreissena polymorpha</i> (Driehoeksmossel) <i>Cristatella mucedo</i> (Kruipend geleimosdiertje) <i>Valvata piscinalis</i> (Vijverpluimdrager) <i>Coenagrion pulchellum</i> (Variabele waterjuffer) <i>Dolomedes plantarius</i> (Grote oeverspin)	<i>Streblospio shrubsolii</i> (Borstelworm) <i>Neries diversicolor</i> (Veelkleurige zeeduizendpoot) <i>Nais elinguis</i> <i>Tubifex costatus</i> <i>Gammarus zaddachi</i> <i>Idotea chelipes</i>	<i>OLIGOCHAETA</i> (wormen) <i>Crepidula fornicata</i> (Muiltje) <i>Capitella capitata</i> (Slangpier) <i>Corophium insidiosum</i> <i>Microdeutopus gryllotalpa</i>
Vissen / garnalen / krabben	<i>Esox Lucius</i> (Snoek) <i>Sander lucioperca</i> (Snoekbaars) <i>Tinca tinca</i> (Zeelt) <i>Cottus gobio</i> (Rivierdonderpad) <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Rietvoorn) <i>Gasterosteus aculeatus</i> (Driedoornige stekelbaars) <i>Pungitius pungitius</i> (Tiendoornige stekelbaars) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Alburnus alburnus</i> (Alver) <i>Rhodeus amarus</i> (Bittervoorn) <i>Cobitis taenia</i> (Kleine modderkruiper)	<i>Esox Lucius</i> (Snoek) <i>Gasterosteus aculeatus</i> (driedoornige stekelbaars) <i>Sprattus sprattus</i> (Sprot) <i>Gobius niger</i> (Zwarte grondel) <i>Pomatoschistus sp.</i> (Dikkopje) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal) <i>Neomysis integer</i> (Gewone aasgarnaal) <i>Neomysis integer</i> (Gewone aasgarnaal) <i>Rhitropanopeus harissii tridentatus</i> (Zuiderzeekrabje)	<i>Pomatoschistus sp.</i> (Dikkopje) <i>Pleuronectes platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Limanda limanda</i> (Schar) <i>Myoxocephalus scorpius</i> (Zeedonderpad)
Vogels	<i>Aythya ferina</i> (Tafeleend) <i>Aythya fuligula</i> (Kuiifeend) <i>Aythya marila</i> (Toppereend) <i>Bucephala clangula</i> (Brilduiker) <i>Netta rufina</i> (Krooneend) <i>Cygnus columbianus</i> (Kleine zwaan) <i>Branta leucopsis</i> (Brandgans) <i>Anser brachyrhynchus</i> (Kleine rietgans) <i>Anas Crecca</i> (Wintertaling) <i>Ardea cinerea</i> (Blauwe Reiger) <i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Grote karekiet) (broedvogel)	<i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Fulica atra</i> (Meerkoet) <i>Mergus serrator</i> (Middelste zaagbek) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Branta leucopsis</i> (Brandgans) <i>Cygnus columbianus</i> (Kleine zwaan) <i>Larus ridibundus</i> (Kokmeeuw) <i>Recurvirostra avosetta</i> (Kluut) <i>Charadrius alexandrinus</i> (Strandplevier) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver)	<i>Anas penelope</i> (Smient) <i>Anas platyrhynchos</i> (Wilde eend) <i>Branta leucopsis</i> (Brandgans) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Branta bernicla</i> (Rotgans)
Zoogdieren	<i>Lutra lutra</i> (Otter) <i>Castor fiber</i> (Bever) <i>Myotis dasycneme</i> (Meervleermuis) <i>Myotis daubentonii</i> (Watervleermuis)		
Hogere planten	<i>Chara aspera</i> (Ruw kransblad) <i>Chara globularis</i> (Breekbaar kransblad) <i>Chara canescens</i> (Brakwater kwansblad) <i>Chara contaria</i> (Brokkeling kransblad) <i>Zannichellia</i> <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Potamogeton pusillus</i> (Tenger fonteinkruid) <i>Potamogeton trichoides</i> (Haarfonteinkruid) <i>Nuphar lutea</i> (Gele plomp) <i>Nymphaea alfa</i> (Waterlelie)	<i>Ruppia maritima</i> (Snavelruppia) <i>Zannichellia</i> <i>Enteromorpha intestinalis</i> (Darmwier) <i>Ranunculus baudotii</i> (Zilte waterranonkel) <i>Ranunculus circinatus</i> (Stijve waterranonkel) <i>Potamogeton pectinatus</i> (Schedefonteinkruid) <i>Phragmites australis</i> (Riet) <i>Scirpus maritimus</i> (Zeebies)	Zeegras ( <i>Zostera marina</i> )

## 4.2.2 Diep/zeer diep stagnant water

### 4.2.2.1 Beschrijving en definitie

Onder diep tot zeer diep water wordt gedefinieerd als het deel van stagnante systemen dat dieper is als de ondiepe zone.

### 4.2.2.2 Abiotische randvoorwaarden en leefgemeenschappen

De diepe delen van stagnante systemen worden gekenmerkt door aanwezigheid van relatief kouder water ten opzichte van de ondiepe delen. Door weinig waterbeweging ontstaat vaak stratificatie en vindt er geringe uitwisseling van nutriënten en zuurstof plaats. Aan de oppervlakte kunnen enkel drijvende waterplanten groeien (zoet) en komen veelal eenden en duikende vogels voor. Het bodemleven wordt gekenmerkt door aanwezigheid van wormensoorten en tweekleppigen.

Tabel 9 geeft een aantal kenmerkende soorten weer die in dit habitat voorkomen.

Tabel 9. Abiotische kenmerken van het habitat 'diep/zeer diep stagnant water'. De abiotische randvoorwaarden geven de begrenzingen langsheen de zoutgradiënt en dieptegradiënt waarbinnen het habitat voorkomt. De abiotische variatie geeft inzicht in de belangrijkste sturende variabelen welke bepalend zijn voor de ecologische variatie binnen het habitat. De lijst met kenmerkende soorten geeft een overzicht van welk type organismen voorkomt in het habitat, aan de hand van een aantal voorbeelden.

	Zoet diep / zeer diep	Brak diep / zeer diep	Zout diep / zeer diep
<b>Abiotische randvoorwaarden</b>			
Zoutgehalte (Saliniteit)	<0.5	0.5-18	>18
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	>-3.0 m	>-3.0 m	>-3.0 m
<b>Abiotische variatie</b>			
Waterdiepte (gem. zomerpeil)	3.0 – 5.0 m (diep) >5.0 m (zeer diep)	3.0 – 5.0 m (diep) >5.0 m (zeer diep)	3.0 – 5.0 m (diep) >5.0 m (zeer diep)
Hydrodynamiek (V <sub>lineair</sub> en V <sub>orbitaal</sub> )	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> : <0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> : <0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>	V <sub>lineair</sub> : <0.8 m.s <sup>-1</sup> V <sub>orbitaal</sub> : <0.2 m.s <sup>-1</sup> , 0.2-0.4 m.s <sup>-1</sup>
Morfodynamiek	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch	Laag dynamisch Midden dynamisch
Sedimentsamenstelling	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat	Zand, Slib, Klei, Hard substraat
<b>Kenmerkende soorten</b>			
Macrozoobenthos	<i>Gammarus pulex</i> <i>Glossiphonia heteroclita</i> <i>Valvata ischnalis</i> (Vijverpluimdrager) <i>Wuistadrilus multisetosus</i> <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> <i>Piona pusilla</i> <i>Pisidium nitidum</i> <i>P. moitessierianum</i>	(tweekleppigen) (kreeftachtigen) (muggenlarven) <i>Nereis diversicolor</i> . (Zeeduizendpoot) <i>Streblospio shrubsolii</i> (Borstelworm) <i>Gammarus zaddachi</i> <i>Neomysis integer</i> (Gewone aasgarnaal) <i>Idotea chelipes</i>	<i>OLIGOCHAETA</i> (wormen) <i>Crepidula fornicata</i> (Muiltje) <i>Capitella capitata</i> <i>Corophium insidiosum</i> <i>Microdeutopus gryllotalpa</i>
Vissen / garnalen / krabben	<i>Sander lucioperca</i> (Snoekbaars) <i>Lota lota</i> (Kwabaal) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal)	<i>Clupea clupea</i> (Haring) <i>Platichthys flesus</i> (Bot) <i>Anguilla anguilla</i> (Aal)	<i>Pomatoschistus minutus</i> (Dikkopje) <i>Pleuronectes platessa</i> (Schol) <i>Solea solea</i> (Tong) <i>Limanda limanda</i> (Schar) <i>Myoxocephalus scorpius</i> (Zeedonderpad)
Vogels	<i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Aythya fuligula</i> (Kuifeend) <i>Bucephala clangula</i> (Brilduiker) <i>Aythya marila</i> (Toppereend) <i>Aythya ferina</i> (Tafeleend) <i>Mergus serrator</i> (Middelste zaagbek) <i>Hydrocoloeus minutus</i> (Dwergmeeuw)	<i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver) <i>Macoma balthica</i> (Nonnetje) <i>Mergus merganser</i> (Grote zaagbek) <i>Mergus serrator</i> (Middelste zaagbek)	<i>Anas platyrhynchos</i> (Wilde eend) <i>Podiceps cristatus</i> (Fuut) <i>Mergus serrator</i> (Middelste zaagbek) <i>Phalacrocorax carbo</i> (Aalscholver)
Zoogdieren			
Hogere planten	<i>Potamogeton crispus</i> (Gekroesd fonteinkruid)		

## 5 Abiotische randvoorwaarden voor een ecologische karakterisering van de inrichtingsvarianten

De belangrijkste (abiotische) stuurvariabelen die uit de hierboven beschreven systeem- en habitatanalyse naar voren komen zijn:

- Zoutgehalte
- Waterdiepte
- Droogvalduur
- Hydrodynamiek
- Waterkwaliteit (voedsel en zuurstof)
- Sedimentsamenstelling

### 5.1 Zoutgehalte

Het zoutgehalte is een belangrijk parameter voor het onderscheiden van zoete, brakke en zoute systemen. Op basis van het zoutgehalte worden er verschillende klassen onderscheiden (Tabel 1). In werkelijkheid zijn de zoutgehalten dynamisch, en sterk afhankelijk van getij, regenval, evaporatie en rivierafvoer. Naast het gemiddelde zoutgehalte is ook de variatie in zoutgehalte van belang voor het voorkomen van soorten. Deze variatie is doorgaans het grootst in brakwaterzones. Parameters die het zoutgehalte en de dynamiek in zoutgehalte samenvatten zijn (De Jong 1999; Bouma, De Jong et al. 2005):

- **Gemiddeld zoutgehalte:** gemiddeld zoutgehalte (saliniteit) bij hoog water over een jaar met gemiddelde zoetwaterafvoer. [Eenheid: psu]
- **Zoutvariatie:** 4x standaarddeviatie in zoutgehalte / gemiddeld zoutgehalte x 100%. [Eenheid: %]

### 5.2 Waterdiepte

De diepte (bijvoorbeeld uitgedrukt als de ligging ten opzichte van NAP) is enerzijds van belang om het onderscheid te maken tussen diepe geulen en ondiepwaterzones en anderzijds speelt diepteligging, samen met de getijdencurve een belangrijke rol in de overspoelingsduur of droogvalduur (zie 6.3). Op basis van waterdiepte kunnen verschillende zones worden onderscheiden. De ondiepwaterzone loopt van de gemiddelde laagwaterlijn (GLW) tot 5 meter beneden NAP. Deze zone heeft in getijdengebieden een belangrijke rol voor getijdenmigreerders, die tijdens hoogwater het intergetijdengebied in migreren en heeft een belangrijke kinderkamerfunctie. De gebieden dieper dan 5 meter zijn de geulen.

- **Waterdiepte:** Hoogteligging ten opzichte van NAP [Eenheid m]
- **GLW:** Gemiddelde laagwaterlijn

### 5.3 Droogvalduur

De droogvalduur wordt bepaald door de hoogteligging en het getijamplitude. Het getijamplitude is ruimtelijk en temporeel variabel. Op basis van de droogvalduur wordt de volgende onderverdeling gemaakt (De Jong, Dankers et al. 1998; De Jong 1999; Dankers, Van Duin et al. 2001; Wijsman 2003; Bouma, De Jong et al. 2005) (Tabel 10)

Tabel 10: Indeling van intergetijdengebieden op basis van droogvalduur.

Klasse	Droogvalduur (%)
Laag litoraal	1-50
Midden litoraal	50-75
Hoog en zeer hoog litoraal	>75

Gebieden met een droogvalduur van minder van 1% van de tijd horen tot het sublitoraal. In het lage litoraal kunnen schelpdierbanken een rol spelen als structurerende factoren, mits de omgeving niet te dynamisch is. In de zone van het midden litoraal komen mosselen en oesterbanken doorgaans niet voor, maar kunnen wel andere filterfeeders voorkomen zoals kokkels. De benthische biomassa in dit gebied is doorgaans hoog en het gebied is dan ook van belang voor foeragerende steltlopers. In het hoge litoraal komen voornamelijk sediment eters zoals de zeeduizendpoot en kleine crustaceeën voor. De biomassa aan bodemdieren is doorgaans beperkt (Wijsman 2003). In de zeer-hoog litorale zone is er een overgang van bodemdieren naar terrestrische dieren. In deze zone kunnen schorren zich ontwikkelen.

Droogvalduur is veel minder van belang in stagnante wateren. Door actief peilbeheer is er vaak een verschil tussen zomer en winterpeil. De zone tussen zomer en winterpeil is zeer specifiek. Terrestrische soorten verdwijnen af als het onder water komt te staan en aquatische soorten verdwijnen als het gebied droog valt.

- **Droogvalduur:** percentage van de tijd dat een locatie droogvalt [Eenheid: %]
- **Waterlijn zomerpeil:** ligging van de waterlijn in de winterperiode
- **Waterlijn winterpeil:** ligging van de waterlijn in de zomerperiode

#### 5.4 Hydrodynamiek

Hydrodynamiek kan worden onderverdeeld in lineaire stroomsnelheid ( $V_{\text{lineair}}$ ) als gevolg van het horizontaal getij en orbitaalsnelheid ( $V_{\text{orbitaal}}$ ) als gevolg van golven. In stagnante systemen is wind en rivieraanvoer een belangrijke factor voor de lineaire stroomsnelheid. De golfdynamiek is afhankelijk van de waterdiepte en de strijklengte en de windrichting (Tabel 11, Bouma, De Jong et al. 2005).

Tabel11: Indeling van op basis van stroomsnelheid en orbitaalsnelheid.

		$V_{\text{lineair}} \text{ (m/s)}$	
		<0.8	>0.8
$V_{\text{orbitaal}} \text{ (m/s)}$	<0.2	Laag dynamisch	Hoog dynamisch
	>0.2	Hoog dynamisch	Hoog dynamisch

- **Gemiddelde stroomsnelheid:** gemiddelde stroomsnelheid over een springtij-doodtij cyclus [Eenheid:  $\text{m s}^{-1}$ ]
- **Maximale stroomsnelheid:** 90-percentiel van de stroomsnelheden gedurende een springtij-doodtij cyclus [Eenheid:  $\text{m s}^{-1}$ ]
- **Orbitaalsnelheid:** De orbitaalsnelheid kan worden berekend uit de golfhoogte, golfhoogte en waterdiepte. De golfhoogte en golfhoogte kan worden berekend uit de strijklengte en de windsnelheid. [Eenheid  $\text{m s}^{-1}$ ]

#### 5.5 Morfodynamiek

De morfodynamiek is een resultante van de hydrodynamiek en de sedimentsamenstelling. In de intergetijdengebieden wordt vaak gebruik gemaakt van geomorfologische kaarten om de dynamiek te beschrijven. In de geomorfologische kaarten is een onderscheid gemaakt in hoogdynamische en laagdynamische gebieden aan de hand van luchtfoto's.

- **Geomorfologie:** beschrijving van de geomorfologie met een kwalitatieve indeling in hoog- en laagdynamisch

## 5.6 Sedimentsamenstelling

Sedimentsamenstelling is een belangrijke habitatfactor. De korrelgrootte verdeling wordt in belangrijke mate bepaald door de hydrodynamiek, maar wordt ook deels door de organismen zelf beïnvloed. Veel andere parameters zoals organisch gehalte en watergehalte correleren sterk met de korrelgrootte samenstelling. Omdat er doorgaans geen gebiedsdekkende kaarten van de mediane korrelgrootte beschikbaar zijn wordt er voor het intergetijdengebied vaak gebruik gemaakt van geomorfologische kaarten. Slibrijk sediment heeft een slibgehalte (<63 µm) van meer dan 25%.

- **Mediane korrelgrootte:** Mediane korrelgrootte van het sediment [Eenheid µm]
- **Geomorfologie:** beschrijving van de geomorfologie met een kwalitatieve indeling in slibrijk en slibarm

## 5.7 Waterkwaliteit

Belangrijke waterkwaliteitsparameters zijn Chlorofyll-a (maat voor trofie) en zuurstofgehalte. Op basis van chlorofyl concentratie kan onderscheid worden gemaakt in oligotroof (0 - 2.6 µg l<sup>-1</sup>), mesotroof (2.6 - 20 µg l<sup>-1</sup>), eutroof (20 - 56 µg l<sup>-1</sup>) en hypertroof (56 - 155+ µg l<sup>-1</sup>). In de gematigde streken varieert de algenconcentratie sterk door het seizoen. De hoogste concentraties worden waargenomen tijdens de voorjaarsbloei van de microalgen al of niet gevolgd door een tweede, vaak beperktere, bloei in de zomer. Zuurstof concentratie is een resultante van afbraakprocessen en waterverversing (Wijsman 2002). In diepe stagnante wateren zoals het Grevelingenmeer treedt regelmatig zuurstofloosheid op. Langdurige zuurstofloosheid heeft groot effect op het habitat.

- **Chla gem:** Gemiddelde chlorofyl-a concentratie door het jaar [Eenheid µg l<sup>-1</sup>]
- **POM:** Gemiddelde concentratie particulier organisch materiaal in het water [Eenheid mg C l<sup>-1</sup>].
- **Chla vj:** gemiddelde chlorofyl-a concentratie in het voorjaar (1 maart tot 30 juni) [Eenheid µg l<sup>-1</sup>].
- **Chla-max:** 90 percentiel van de chlorofyl-a concentraties door het jaar [Eenheid µg l<sup>-1</sup>].
- **Zuurstofconcentratie:** Gemiddelde zuurstofconcentratie van het water nabij de bodem [Eenheid mg l<sup>-1</sup>].
- **Dagen zuurstofloos:** Het maximaal aantal aaneengesloten dagen dat de zuurstofconcentratie nabij de bodem minder is dan 2.8 mg l<sup>-1</sup>. [Eenheid dagen]

## 5.8 Doorzicht

Het doorzicht van het water wordt bepaald door de opgeloste stoffen (e.g. humuszuren) en de vaste partikels (microalgen en slib). Het doorzicht is van belang voor vissen en vogels bij het zoeken van hun prooi. Ook filtrerende bodemdieren kunnen beïnvloed worden door hoge slibconcentraties in het water.

- **Slibconcentratie:** Gemiddelde concentratie anorganische partikels in het water [Eenheid g l<sup>-1</sup>]
- **Doorzicht:** Doorzicht van het water gemeten met een secchi disk [Eenheid m]

## 5.9 Helling en ruwheid

Met behulp van een digital elevation model kunnen de parameters hellingshoek, hellingsrichting en ruwheid worden berekend.

- **Hellingshoek:** steilheid van een plaat [Eenheid graden]
- **Hellingsrichting:** richting van de maximale hellingshoek [Eenheid graden t.o.v. Noord]
- **Ruwheid:** Variatie in hoogteligging in relatie tot nabijgelegen delen.

## 5.10 Overig

Overige parameters die van belang kunnen zijn voor de beschrijving van een habitat is connectiviteit. Dit kan zijn met overige bekkens maar ook tussen habitats binnen het gebied. Voor een foerageerhabitat is het bijvoorbeeld van belang dat er een rusthabitat in de buurt ligt zodat organismen de mogelijkheid hebben om tussen de gebieden te migreren.

## 5.11 Abiotische randvoorwaarden voor een ecologische karakterisering van de inrichtingsvarianten

Uit de systeem- en habitatanalyse komt naar voren dat een ecologische karakterisering van de verschillende inrichtingsvarianten niet kan beperkt worden tot een lijst met karakteristieke planten- en diersoorten, maar het watersysteem moet gezien worden als een complex van processen (abiotisch, biotisch), patronen (structuren, ecotopen) en soorten/leefgemeenschappen.

De belangrijkste (abiotische) stuurvariabelen die uit de systeem- en habitatanalyse naar voor komen zijn:

### Getijdewateren

- zoutgehalte
- getijslag
- waterdiepte
- droogvalduur
- sediment input (kwalitatief, kwantitatief)
- hydrodynamiek (stroomsnelheid, golfenergie)
- sedimentsamenstelling
- waterkwaliteit (oa. trofiegraad, nutriënten, algenconcentratie en algenbloei)

### Stagnante wateren

- zoutgehalte
- waterpeil (dynamiek)
- waterdiepte
- grootte (oppervlakte)
- hydrodynamiek (golfenergie)
- doorzicht
- inlaat zout of zoet water om door te spoelen
- sedimentsamenstelling
- waterkwaliteit (trofiegraad)

Andere stuurvariabelen die van belang zijn:

- connectiviteit

Onderstaande lijst van variabelen geeft het beoordelingskader met de set van parameters die nodig is voor de ecologische beoordeling van de inrichtingsvarianten:

- **Chla gem**: Gemiddelde chlorofyl-a concentratie door het jaar [Eenheid  $\mu\text{g l}^{-1}$ ]
- **POM**: Gemiddelde concentratie particulier organisch materiaal in het water [Eenheid  $\text{mg C l}^{-1}$ ].
- **Chla vj**: Gemiddelde chlorofyl-a concentratie in het voorjaar (1maart tot 30juni) [Eenheid  $\mu\text{g l}^{-1}$ ].
- **Chla-max**: 90 percentiel van de chlorofyl-a concentraties door het jaar [Eenheid  $\mu\text{g l}^{-1}$ ].
- **Nutriënten**: N, P
- **Zuurstofconcentratie**: Gemiddelde zuurstofconcentratie van het water nabij de bodem [Eenheid  $\text{mg l}^{-1}$ ].
- **Dagen zuurstofloos**: Het maximaal aantal aaneengesloten dagen dat de zuurstofconcentratie nabij de bodem minder is dan  $2.8 \text{ mg l}^{-1}$ . [Eenheid dagen]
- **Hellingshoek**: Steilheid van een plaat [Eenheid graden]
- **Hellingsrichting**: Richting van de maximale hellingshoek [Eenheid graden t.o.v. Noord]
- **Ruwheid**: Variatie in hoogteligging in relatie tot nabijgelegen delen.
- **Mediane korrelgrootte**: Mediane korrelgrootte van het sediment [Eenheid  $\mu\text{m}$ ]
- **Substraat**: Zand, slib, kleifractie, hard substraat
- **Geomorfologie**: Beschrijving van de geomorfologie met een kwalitatieve indeling in slibrijk en slibarm
- **Geomorfologie**: Beschrijving van de geomorfologie met een kwalitatieve indeling in hoog- en laagdynamisch

- **Gemiddelde stroomsnelheid:** Gemiddelde stroomsnelheid over een springtij-doodtij cyclus [Eenheid:  $\text{m s}^{-1}$ ]
- **Maximale stroomsnelheid:** 90-percentiel van de stroomsnelheden gedurende een springtij-doodtij cyclus [Eenheid:  $\text{m s}^{-1}$ ]
- **Orbitaalsnelheid:** De orbitaalsnelheid kan worden berekend uit de golflengte, golfhoogte en waterdiepte. De golfhoogte en golflengte kan worden berekend uit de strijklengte en de windsnelheid. [Eenheid  $\text{m s}^{-1}$ ]
- **Droogvalduur:** Percentage van de tijd dat een locatie droogvalt [Eenheid: %]
- **Waterlijn zomerpeil:** Ligging van de waterlijn in de winterperiode
- **Waterlijn winterpeil:** Ligging van de waterlijn in de zomerperiode
- **Waterdiepte:** Hoogteligging ten opzichte van NAP [Eenheid m]
- **GLW:** Gemiddelde laagwaterlijn
- **Gemiddeld zoutgehalte (saliniteit):** Gemiddeld zoutgehalte bij hoog water over een jaar met gemiddelde zoetwaterafvoer. [Eenheid: psu]
- **Zoutvariatie:**  $4 \times$  standaarddeviatie in zoutgehalte / gemiddeld zoutgehalte  $\times 100\%$ . [Eenheid: %]



## 6 Samenvatting en vervolg

Het Planbureau voor de Leefomgeving ontwikkelt een lange termijn perspectief voor de Rijn-Schelde Delta aan de hand van drie ecologische inrichtingsvarianten die "mogelijke toekomsten" beschrijven. Deze deelstudie, uitgevoerd door IMARES, beschrijft de ecologische onderbouwing die nodig is om nadere invulling te geven aan deze varianten. Het lange termijn ontwikkel perspectief wordt vormgegeven aan de hand van een aantal ontwikkel varianten die een lange termijn perspectief beschrijven. De varianten "Zoute Delta" (volledig open zeearmen) en "Zoete Delta" (afgedamde, zoete bekkens) geven daarbij de uiterste grenzen van ontwikkelmogelijkheden aan.

### 6.1 Ecologische onderbouwing van de varianten

De ontwikkelvarianten zullen resulteren in het ontstaan van andere systeemtypen ten opzichte van de huidige situatie. Om de ecologische onderbouwing voor de varianten te leveren is een structuur ontworpen bestaande uit: 1. Systeemtypen, 2. Habitattypen, 3. Abiotische stuurvariabelen (bestaande uit abiotische randvoorwaarden en variatie) voor het voorkomen van deze habitattypen, 4. Kenmerkende soorten die bij het habitatype horen (Tabel 12). Voor de systeemtypen is gekozen voor een indeling in getijdesystemen (estuaria) en stagnante systemen. Beide systeemtypen kunnen verder opgesplitst worden in zes subsysteemtypen op basis van het zoutgehalte in zoet, brak en zout. Belangrijke aspecten van deze systeemtypen zijn abiotische factoren zoals waterbeweging, morfologie, zoutgehalte, sediment- en nutriëntenhuishouding en biotische factoren zoals soorten en levensgemeenschappen. Voor alle zes subsysteemtypen zijn weer verschillende habitattypen geformuleerd die karakteristiek zijn voor getijde- en stagnante wateren en waarvan de leefgemeenschappen en kenmerkende soorten variëren met het zoutgehalte. Omdat abiotische kenmerken en processen in belangrijke mate de biodiversiteit en het ecologisch functioneren in de verschillende bekkens zullen bepalen zijn abiotische stuurvariabelen aangegeven die het voorkomen van habitattypen zullen bepalen. Deze abiotische stuurvariabelen bepalen welke habitattypen kunnen voorkomen.

Tabel 12: Overzicht van de systeemtypen, habitattypen en abiotische stuurvariabelen

Systeemtypen		Habitattypen	Abiotische stuurvariabelen	Kenmerkende soorten
Getij	Zoet	-Schorren -Slikken en platen	Randvoorwaarden: -Zoutgehalte -Waterdiepte	-Vogels -Vissen -Macroinvertebraten/ bodemdieren -Zoogdieren -Planten
	Brak	-Ondiep getijdenwater	Variatie: -Droogvalduur -Hydrodynamiek -Morfodynamiek -Sediment samenstelling	
	Zout	-Diep getijdenwater		
Stagnant	Zoet	-Oeverzone stagnant water		
	Brak	-Ondiep/matig diep stagnant water		
	Zout	-Diep/zeer diep stagnant water		

## **6.2 Vervolg: invullen van de varianten**

De structuur die ontworpen is in deze studie biedt een goede basis voor het invullen van de varianten (deel 2). Hiervoor zijn twee stappen noodzakelijk:

1. Voor de ontwikkelvarianten moeten de abiotische stuurvariabelen zoals benoemd in deze studie beschikbaar worden gemaakt in de vorm van gebiedsdekkende kaarten die informatie verschaffen over bijvoorbeeld het zoutgehalte, getijslag, bathymetrie, de mate van dynamiek, waterkwaliteit etc. in het onderzoeksgebied. Op deze manier wordt een abiotische invulling beschreven voor de varianten.
2. De volgende stap is om de abiotische waarden te koppelen aan biotische waarden: de habitats. Door de ruimtelijke, abiotische gegevens te koppelen met de randvoorwaarden die gedefinieerd zijn vanuit de habitattypen ontstaat een beeld van de nieuwe ecologische situatie in de varianten. Deze informatie kan verwerkt worden tot habitatkaarten die aangeven waar en hoeveel (areaal) van elk habitatype kan verwacht worden voor de verschillende varianten. Vervolgens kunnen deze dan verder geëvalueerd worden op basis van de uniciteit, zeldzaamheid en internationaal belang en kan een afweging gemaakt worden.

## **7 Dankwoord**

De inhoud van dit rapport is mede tot stand gekomen tijdens workshops van IMARES medewerkers met Dirk-Jan van der Hoek en Rick Wortelboer van het Planbureau voor de Leefomgeving.

## **8 Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

- Beeftink, W. G. (1965). De zoutvegetatie van ZW-Nederland beschouwd in Europees verband. Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen. Wageningen, H. Veenman & Zonen n.v.: 167.
- Boesch, D. F. (1977). A new look at the benthos along the estuarine gradient. Ecology of Marine Benthos. B. C. Coul. South Carolina, University of South Carolina Press, Columbia: 245-266.
- Bouma, H., D. J. De Jong, et al. (2005). Zoute wateren Ecotopenstelsel (ZES. 1) Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Middelburg, RIKZ: 156.
- Carlson, R. E. and J. Simpson (1996). "A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods." North American Lake Management Society: 96.
- Dankers, N. M. J. A., W. E. Van Duin, et al. (2001). Ontwerp-ecotopenstelsel kustwateren. Voorstel voor classificatie en advies voor validatie, Alterra: 71.
- Dauwe, B., P. M. J. Herman, et al. (1998). "Community structure and bioturbation potential of macrofauna at four North Sea stations with contrasting food supplu." Mar. Ecol. Prog. Ser. **173**: 67-83.
- De Jong, D. J. (1999). Ecotopes in the Dutch marine tidal waters, RIKZ Middelburg: 27.
- De Jong, D. J., N. M. J. A. Dankers, et al. (1998). Naar ecologische kaarten van de Waddenzee: 25.
- Erchinger, H. F. (1985). Dünen, Watt und Salzwiesen. Hannover, Der Niedersächsische Ministerie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: 59.
- Escaravage, V., W. Siermans, et al. (2003). Definitie van een relevante To situatie voor macrofauna van het Veerse Meer in verband met het Zandkreekdam Doorlaatmiddel. Yerseke, NIOO-CEME.
- Herman, P. M. J., J. J. Middelburg, et al. (1999). "Ecology of estuarine macrobenthos." Advances in Ecology Research **29**: 195-240.
- Holland, A. F., A. T. Shaughnessy, et al. (1987). "Long-term variation in mesohaline Chesapeake Bay macrobenthos: spatial and temporal patterns." Estuaries **10**: 227-245.
- Holzhauser, H., T. Maris, et al. (2011). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium fase 2, Vlaams Nederlandse Scheldecommissie, 268.
- Jones, C. G., J. H. Lawton, et al. (1994). "Organisms as Ecosystem Engineers." Oikos **69**(3): 373-386.
- Lengkeek, W., S. Bouma, et al. (2007). Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water. Culemborg, Bureau Waardenburg.
- Moon-Carlson, T. (2009). "Seasonal change affects city's water. [www.denverpost.com](http://www.denverpost.com)."
- Mulder, J. P. M., J. Cleveringa, et al. (2010). Sedimentperspectief voor de Zuidwestelijke Delta, Deltares.
- Mulder, J. P. M., M. D. Taal, et al. (2012). Sedimentstrategie voor de ZW Delta: een verkenning van kansen, Deltares / IMARES / Alterra.
- Nienhuis, P. H. and A. C. Smaal (1994). The Oosterschelde Estuary (The Netherlands): A Case-Study of a Changing Ecosystem. Dordrecht.
- Nolte, A. (2002). Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer: Toekomstige ontwikkeling en mogelijkheden. Delft, WL Delft Hydraulics: 40.

- Nolte, A. (2011). Natuurherstel in de Westerschelde: De mogelijkheden nader verkend., Deltares.
- Pearson, T. H. and R. Rosenberg (1978). "Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment." Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. **16**: 229-311.
- Rijkswaterstaat (2011). Beschrijving huidige situatie Haringvliet. Achtergrondrapportage voor onderzoek naar alternatief voor het Kierbesluit.
- Soresma (2009). Ontwikkeling van een intergetijdengebied in Hedwige- en Prosperpolder: Besluit MER/plan-MER Nederland. , Soresma.
- Strucker, R. C. W., M. S. J. Hoekstein, et al. (2005). Kustbroedvogels in het Deltagebied in 2004. Middelburg, RIKZ.
- Troost, K., M. Tangelder, et al. (2012). From Past to Present. Biodiversity in a Changing Delta. Yerseke, IMARES Wageningen UR.
- Van den Haterd, R. J. W., W. Lengkeek, et al. (2010). Herintroductie getij in de Grevelingen en effecten op natuur in intergetijdengebieden. Culemborg, Bureau Waardenburg: 75.
- Van der Molen, D. T., H. P. A. Aarts, et al. (2000). RWES aquatisch. Lelystad, RIZA: 114.
- Van Zanten, E. and L. Adriaanse (2008). "Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken." Hoofdrapport Rijkswaterstaat.
- Van den Bussche, V., F. T'Jollyn, et al. (2002). Systematiek van natuurtypen voor de biotopen heide, moperas, duin, slik en schor. Deel 5: slik en schor: 149.
- Verspagen, J. M. H., J. Passarge, et al. (2006). "Water management strategies against toxic Microcystis blooms in the Dutch delta." Ecological Applications **16**(1): 313-327.
- Vroom, J., J. A. G. Van Gils, et al. (2012). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2011: Beschikbare data van 1996 t/m 2010., Deltares: 171.
- Wijsman, J. W. M. (2002). Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer, RIKZ Middelburg: 64.
- Wijsman, J. W. M. (2003). Verkennende studie voor de validatie van het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES) aan de hand van bodemdiergegevens, WL | Delft Hydraulics.
- Wolff, W. (1973). The estuary as a habitat. An analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Mathematics and environmental science. Leiden, State university of Leiden. **PhD**: 242.
- Wolff, W. (1983). Estuarine benthos. Ecosystems of the World, Estuaries and Enclosed Seas. B. H. Ketchum. New York, InElsevier: 151-182.
- Ysebaert, T., L. De Neve, et al. (2000). "The subtidal macrobenthos in the mesohaline part of the Schelde Estuary (Belgium): influenced by man?" Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **80**(4): 587-597.

## Verantwoording

Rapportnummer: C073/13

Projectnummer: 4303104501

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Drs. F.C. Groenendijk  
Hoofd afdeling Maritiem

Handtekening:



Datum: 24 april 2013

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe  
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 24 april 2013